

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
RENANN DE SILOS VIEIRA

**INFLUÊNCIA DE FEIÇÕES GEOMÓRFICAS SOBRE OS PADRÕES
PEDOLÓGICOS, FLORÍSTICOS E ESTRUTURAIS DE FLORESTAS
ALTOMONTANAS NA SERRA DO MAR DO PARANÁ – BRASIL**

CURITIBA
2016

RENANN DE SILOS VIEIRA

**INFLUÊNCIA DE FEIÇÕES GEOMÓRFICAS SOBRE OS PADRÕES
PEDOLÓGICOS, FLORÍSTICOS E ESTRUTURAIS DE FLORESTAS
ALTOMONTANAS NA SERRA DO MAR DO PARANÁ – BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Florestal – Conservação da Natureza.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Vellozo Roderjan
Co-orientador: Prof. Dr. Christopher Thomas Blum

CURITIBA

2016

Ficha catalográfica elaborada pela
Biblioteca de Ciências Florestais e da Madeira - UFPR

Vieira, Renann de Silos

Influência de feições geomórficas sobre os padrões pedológicos, florísticos e estruturais de florestas altomontanas na Serra do Mar do Paraná – Brasil / Rennan de Silos Vieira. – Curitiba, 2016.

83. : il.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Vellozo Roderjan

Coorientador: Prof. Dr. Christopher Thomas Blum

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa: Curitiba, 25/02/2016.

Área de concentração: Conservação da Natureza.

1. Solos florestais - Paraná. 2. Comunidades vegetais - Paraná. 3. Mar, Serra do - Paraná. 4. Mata Atlântica - Paraná. 5. Teses. I. Roderjan, Carlos Vellozo. II. Blum, Christopher Thomas. III. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias. IV. Título.

CDD – 634.9

CDU – 634.0.114(816.2)

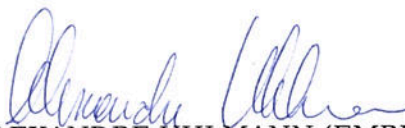
TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ENGENHARIA FLORESTAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **RENANN DE SILOS VIEIRA**, intitulada: **"INFLUÊNCIA DE FEIÇÕES GEOMÓRFICAS SOBRE OS PADRÕES PEDOLÓGICOS, FLORÍSTICOS E ESTRUTURAIS DE FLORESTAS ALTOMONTANAS NA SERRA DO MAR DO PARANÁ - BRASIL"**, após terem inquirido o aluno e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO.

Curitiba, 25 de Fevereiro de 2016.



Prof CARLOS VELLOZO RODERJAN (UFPR)
(Presidente da Banca Examinadora)



Prof ALEXANDRE UHLMANN (EMBRAPA)



Prof MAURICIO BERGAMINI SCHEER



AGRADECIMENTOS

Ao curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, pela oportunidade de realizar este trabalho;

Aos Professores Dr. Carlos Vellozo Roderjan e Dr. Christopher Thomas Blum, co-orientadores e amigos, obrigado pela confiança;

Ao Professor Dr. Franklin Galvão, por sua amizade, exemplo e prazerosos diálogos;

Ao amigo Marcelo Leandro Brotto, pelo prestativo auxílio na identificação das plantas;

Ao Professor Dr. Marcos Sobral, pelo auxílio na identificação da família Myrtaceae;

Ao Dr. Mauricio Bergamini Scheer, pelas valiosas sugestões em conversas sobre as florestas altomontanas do Paraná;

Aos amigos Caleb Lima Ribeiro, Ollyver Rech Bizarro, Rafael Rosenstock Voltz, Raí Kauê I. Lourenço da Silva e Valmir C. Lorenzi, companheiros de faculdade e caminhadas pela Serra do Mar;

Aos meus irmãos Rodrigo e Rodolpho, sem os quais alguns acampamentos se tornariam solitários;

A Daniel Rodrigues, grande amigo, pela parceria de campo e divertidos acampamentos;

Aos amigos Daniel Deconto e Rodnei, pelo auxílio de campo;

A minha mãe Rosangela de Silos, pela eterna confiança e suporte para minha caminhada;

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS.....	x
RESUMO.....	xiii
ABSTRACT.....	xv
INTRODUÇÃO	1
REFERÊNCIAS.....	3
CAPÍTULO I.....	5
INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES GEOMÓRFICAS SOBRE OS SOLOS E FLORESTAS ALTOMONTANAS NA SERRA DO MAR PARANAENSE – BRASIL.....	5
INTRODUÇÃO.....	6
MATERIAL E MÉTODOS.....	7
RESULTADOS E DISCUSSÃO	10
CONCLUSÕES.....	15
REFERÊNCIAS	16
CAPÍTULO II.....	19
ESPÉCIES ARBÓREAS INDICADORAS DE DOIS TIPOS DE ENCOSTAS EM FLORESTA OMBRÓFILA Densa ALTOMONTANA NA SERRA DO MAR DO PARANÁ – BRASIL	19
INTRODUÇÃO.....	20
MATERIAL E MÉTODOS.....	21
RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
CONCLUSÕES.....	32
REFERÊNCIAS	33
CAPÍTULO III	36
CARACTERIZAÇÃO FITOSSOCIOLÓGICA DE DOIS TIPOS DE ENCOSTAS EM FLORESTA OMBRÓFILA Densa ALTOMONTANA NA SERRA DO MAR DO PARANÁ – BRASIL.....	36
INTRODUÇÃO.....	37
MATERIAL E MÉTODOS.....	38
RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
Caracterização fitossociológica de Floresta Ombrófila Densa Altomontana sobre encostas convergentes.....	40

Morro Capivari Grande	40
Morro Cerro Verde	44
Morro Taipabuçu	47
Caracterização fitossociológica de Floresta Ombrófila Densa Altomontana sobre encostas divergentes	52
Morro Capivari Grande	52
Morro Cerro Verde	54
Morro Taipabuçu	58
CONCLUSÕES	62
REFERÊNCIAS	62
CAPÍTULO IV	66
INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES GEOMÓRFICAS SOBRE ASPECTOS ESTRUTURAIS DE FLORESTAS ALTOMONTANAS NA SERRA DO MAR PARANAENSE.....	66
INTRODUÇÃO.....	67
MATERIAL E MÉTODOS.....	68
RESULTADOS E DISCUSSÃO	71
CONCLUSÕES	80
REFERÊNCIAS	81

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1 - Propriedades químicas dos horizontes superficiais e subsuperficiais dos solos em Floresta Ombrófila Densa Altomontana na Serra do Mar do Paraná.	12
--	----

CAPÍTULO II

Tabela 1 – Relação das espécies registradas nos levantamentos fitossociológicos realizados em três áreas de Floresta Ombrófila Densa Altomontana na Serra do Mar do Paraná.....	24
Tabela 2 – Valores do INDVAL e probabilidade do teste de Monte Carlo para as espécies indicadoras de encostas convergentes e divergentes da Floresta Ombrófila Densa Altomontana do Paraná.	30

CAPÍTULO III

Tabela 1 - Parâmetros fitossociológicos das espécies arbóreas amostradas em encostas convergentes na Floresta Ombrófila Densa Altomontana do morro Capivari Grande, na Serra do Mar do Paraná.....	41
Tabela 2 – Parâmetros fitossociológicos das espécies arbóreas amostradas em encostas convergentes na Floresta Ombrófila Densa Altomontana do morro Cerro Verde, na Serra do Mar do Paraná.....	45
Tabela 3 - Parâmetros fitossociológicos das espécies arbóreas amostradas em encostas convergentes na Floresta Ombrófila Densa Altomontana do morro Taipabuçu, na Serra do Mar do Paraná.....	48
Tabela 4 - Estatísticas descritivas para as variáveis estruturais em três sítios de Floresta Ombrófila Densa Altomontana sobre encostas convergentes na Serra do Mar do Paraná.	50
Tabela 5 - Parâmetros fitossociológicos das espécies arbóreas amostradas em encostas divergentes na Floresta Ombrófila Densa Altomontana do morro Capivari Grande, na Serra do Mar do Paraná.....	53

Tabela 6 - Parâmetros fitossociológicos das espécies arbóreas amostradas em encostas divergentes na Floresta Ombrófila Densa Altomontana do morro Cerro Verde, na Serra do Mar do Paraná.....	56
Tabela 7 - Parâmetros fitossociológicos das espécies arbóreas amostradas em encostas divergentes na Floresta Ombrófila Densa Altomontana do morro Taipabuçu, na Serra do Mar do Paraná.....	58
Tabela 8 - Estatísticas descritivas para as variáveis estruturais em três sítios de Floresta Ombrófila Densa Altomontana sobre encostas divergentes na Serra do Mar do Paraná.	60

CAPÍTULO IV

Tabela 1- Principais famílias registradas sobre as encostas convergentes e divergentes na Serra do Mar do Paraná.....	71
Tabela 2 – Parâmetros fitossociológicos das cinco espécies de maior importância para encostas convergentes e divergentes em três montanhas da Serra do Mar do Paraná..	73
Tabela 3 – Estatísticas descritivas para as variáveis estruturais de florestas altomontanas localizadas sobre encostas convergentes e divergentes na Serra do Mar do Paraná.	76

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

- Figura 1 - Localização das áreas de estudo na Serra do Mar do estado do Paraná, destacando a ocorrência do Granito Graciosa. 9
- Figura 2. Classes de solos registradas nas encostas convergentes e divergentes da Serra do Mar sobre rochas graníticas da formação Graciosa, Paraná..... 13
- Figura 3 - Diagrama de ordenação nos dois primeiros eixos da DCA para unidades amostrais alocadas em florestas sobre encostas convergentes e divergentes na Serra do Mar do Paraná. 14

CAPÍTULO II

- Figura 1 - Localização das áreas de estudo na Serra do Mar do estado do Paraná, destacando a ocorrência do Granito Graciosa. 22
- Figura 2 – Curvas médias de espécies por unidade amostral e curvas de rarefação por número de indivíduos 26
- Figura 3 - Comparação dos estimadores de riqueza para o conjunto de amostras realizadas em encostas convergentes e divergentes na Serra do Mar do Paraná..... 27
- Figura 4 - Dendrograma resultante da análise de agrupamento pelo método UPGMA com a utilização do índice de Jaccard como medida de distância, baseado na presença ou ausência das espécies arbóreas em seis sítios de Floresta Ombrófila Densa Altomontana no Paraná. 28
- Figura 5 - Classificação das unidades amostrais em dois grupos, caracterizando os agrupamentos entre florestas altomontanas localizadas em encostas convergentes e divergentes na Serra do Mar do Paraná..... 29

CAPÍTULO III

- Figura 1 - Localização das áreas de estudo na Serra do Mar do estado do Paraná, destacando a ocorrência do Granito Graciosa.. 39

Figura 2 - Histogramas de frequência para as classes de diâmetro e altura dos indivíduos da Floresta Ombrófila Densa Altomontana sobre encostas convergentes do morro Capivari Grande, na Serra do Mar do Paraná.	43
Figura 3 - Histogramas de frequência para as classes de diâmetro e altura dos indivíduos da Floresta Ombrófila Densa Altomontana sobre encostas convergentes do morro Cerro Verde, na Serra do Mar do Paraná.	46
Figura 4 - Histogramas de frequência para as classes de diâmetro e altura dos indivíduos da Floresta Ombrófila Densa Altomontana sobre encostas divergentes do morro Taipabuçu, na Serra do Mar do Paraná.	49
Figura 5 - Histogramas de frequência para as classes de diâmetro e altura dos indivíduos da Floresta Ombrófila Densa Altomontana sobre encostas divergentes do morro Capivari Grande, na Serra do Mar do Paraná.	54
Figura 6 – Histogramas de frequência para as classes de diâmetro e altura dos indivíduos da Floresta Ombrófila Densa Altomontana sobre encostas divergentes do morro Cerro Verde, na Serra do Mar do Paraná.	57
Figura 7 - Histogramas de frequência para as classes de diâmetro e altura dos indivíduos da Floresta Ombrófila Densa Altomontana sobre encostas divergentes do morro Taipabuçu, na Serra do Mar do Paraná.	59
Figura 8 – Dendrogramas construídos em função dos valores relativos de densidade, dominância, frequência e porcentagem de importância, para as espécies registradas em seis sítios com florestas altomontanas na Serra do Mar do Paraná.....	61

CAPÍTULO IV

Figura 1 - Localização das áreas de estudo na Serra do Mar do estado do Paraná, destacando a ocorrência do Granito Graciosa.	69
Figura 2 - Curvas de Ranking / abundância para florestas altomontanas localizadas em encostas convergentes e divergentes na Serra do Mar do Paraná.....	75
Figura 3 - Histogramas de frequência para as classes de diâmetro e altura dos indivíduos em Floresta Ombrófila Densa Altomontana sobre encostas convergentes e divergentes na Serra do Mar do Paraná.....	78

Figura 4 - Dendrograma construído com base no percentual de importância para as principais espécies registradas no presente estudo e outros doze sítios de Floresta Ombrófila Densa Altomontana na serra do Mar do Paraná.	80
---	----

RESUMO

O presente estudo procurou investigar as relações entre os aspectos pedológicos, florísticos e estruturais em Floresta Ombrófila Densa Altomontana submetida a diferentes condições geomórficas. Desta forma, foram investigadas três áreas situadas na Serra do Mar do Paraná, morros: Capivari Grande (1.621 m.s.n.m.), Cerro Verde (1.652 m.s.n.m.) e Taipabuçu (1.709 m.s.n.m.). Para cada área foram mapeados e classificados os solos sob florestas localizadas sobre encostas convergentes e divergentes, sendo coletados materiais nas camadas superficiais (0–20 cm) e subsuperficiais (20–40 cm) para análises físico-químicas. Para caracterizar os aspectos florísticos e fitossociológicos de cada tipo de encosta, foram alocadas vinte unidades amostrais de 5x10 m em cada área, sendo dez sobre encostas convergentes e dez sobre encostas divergentes. Foram registrados todos os indivíduos com perímetro à altura do peito (PAP) igual ou superior a 10 cm. Em geral, os solos apresentaram elevada acidez, baixa saturação por bases e altos níveis de saturação por alumínio, em alguns casos com o caráter alítico. Solos mais profundos e mais férteis foram identificados sobre as encostas convergentes, classificados como Neossolos Regolíticos. Sobre encostas divergentes, os solos foram mais rasos e com altos níveis de saturação por alumínio, classificados como Neossolos Litólicos. Mesmo as comunidades apresentando elevada similaridade florística, padrões distintos foram observados entre os diferentes tipos de encostas. No total 48 espécies arbóreas foram registradas, de 27 gêneros e 18 famílias. As famílias que mais se destacaram foram Myrtaceae (20 espécies), Melastomataceae (4), Aquifoliaceae e Lauraceae (3 cada). Ambos os compartimentos apresentaram riqueza semelhante, sendo registradas 37 espécies nas encostas convergentes, com oito exclusivas e, 40 espécies nas encostas divergentes, com onze exclusivas. Nas encostas convergentes o grupo das espécies potencialmente indicadoras foi *Myrceugenia regnelliana*, *Calypttranthes obovata*, *Eugenia sclerocalyx*, *Myrceugenia myrcioides* e *Dasyphyllum spinescens*. Já para as encostas divergentes, o grupo das indicadoras foi composto por *Ilex microdonta*, *Siphoneugena reitzii*, *Handroanthus catarinensis*, *Ilex chamaedryfolia*, *Ocotea tristis*, *Drimys angustifolia* e *Clethra uleana*. Foi verificada a existência de padrões sociológicos distintos conforme a condição geomórfica, predominando sobre encostas convergentes *Ocotea porosa*, *Myrceugenia regnelliana*, *Calypttranthes obovata*, *Myrcia guianensis* e *Myrceugenia seriatoramosa*, e sobre encostas divergentes *Ilex microdonta*, *Siphoneugena reitzii*, *Drimys angustifolia*,

Handroanthus catarinensis e *Myrcia guianensis*. Em termos estruturais, diferenças significativas foram verificadas entre os dois tipos de encostas, associadas às condições ambientais menos restritivas para o desenvolvimento da vegetação sobre encostas convergentes, as quais tendem a apresentar indivíduos de maior porte e com diâmetros avantajados, o que resultou em menores valores de densidade do que quando comparadas com as florestas sobre encostas divergentes. Dos 916 indivíduos registrados neste estudo, aproximadamente 68% foram encontrados sobre as encostas divergentes, resultando em uma densidade de 4.147 ind.ha⁻¹. Nas encostas convergentes, o valor de densidade foi de 1.960 ind.ha⁻¹, sendo o menor já registrado nesta formação no Paraná.

Palavras-chave: florestas de altitude, pedologia, florística, fitossociologia

ABSTRACT

This study aimed to investigate the relationships between pedological, floristic and structural aspects in upper montane cloud forest under different geomorphic conditions. Thus, we investigated three areas located in the Serra do Mar do Parana mountain range, the hills: Capivari Grande (1,621 m a.s.l.), Cerro Verde (1,652 m a.s.l.) and Taipabuçu (1,709 m a.s.l.). For each area were mapped and classified soils under forests located on convergent and divergent slopes, being collected materials in the surface layers (0-20 cm) and subsurface (20-40 cm) for physical and chemical analysis. To characterize the floristic and phytosociological aspects of each type of slope, there were allocated twenty sampling units of 5x10 m in each area, ten on convergent slopes and ten on divergent slopes. There were registered all trees with perimeter at breast height (PAP) less than 10 cm. In general, soils showed high acidity, low base saturation and high levels of aluminum saturation, in some cases with alithic character. Deeper and more fertile soils have been identified on the convergent slopes, classified as “Regolithic Neossoils”. On divergent slopes, soils were shallower and with high levels of aluminum saturation, classified as “Litolic Neossoils”. Even communities showing high floristic similarity, distinct patterns were observed between the different types of slopes. In total 48 tree species were recorded, 27 genera and 18 families. Families who stood out were Myrtaceae (20 species), Melastomataceae (4), Aquifoliaceae and Lauraceae (3 each). Both compartments were similar in richness, being recorded 37 species in the convergent slopes with eight exclusive, and 40 species in divergent slopes, with 11 exclusive. In the convergent slopes the group of potential indicator species was composed of *Myrceugenia regnelliana*, *Calypttranthes obovata*, *Eugenia sclerocalyx*, *Myrceugenia myrcioides* and *Dasyphyllum spinescens*. As for the divergent slopes, the group of the indicator was composed of *Ilex microdonta*, *Siphoneugena reitzii*, *Handroanthus catarinensis*, *Ilex chamaedryfolia*, *Ocotea tristis*, *Drimys angustifolia* and *Clethra uleana*. The existence of distinct sociological patterns for each geomorphic condition was confirmed, being predominant on convergent slopes *Ocotea porosa*, *Myrceugenia regnelliana*, *Calypttranthes obovata*, *Myrcia guianensis* and *Myrceugenia seriatoramosa*, and on divergent slopes *Ilex microdonta*, *Siphoneugena reitzii*, *Drimys angustifolia*, *Handroanthus catarinensis* and *Myrcia guianensis*. In structural terms, significant differences were found between the two types of slopes, associated with environmental conditions less restrictive to the development of vegetation on

convergent slopes, which tend to have larger individuals and oversized diameters, resulting in lower values of density when compared with forests on divergent slopes. Of the 916 trees recorded in this study, approximately 68% were found on divergent slopes, resulting in a density of 4,147 ind.ha⁻¹. In the convergent slopes the density value was 1,960 ind.ha⁻¹, the lowest ever recorded in this formation in Paraná.

Keywords: cloud forest; pedology, floristic phytosociology

INTRODUÇÃO

Recobrimdo as íngremes escarpas do Complexo Granítico da Serra do Mar e da Mantiqueira, além de algumas áreas na Amazônia (IBGE, 2012), a Floresta Ombrófila Densa Altomontana está condicionada às condições topo-climáticas, geomórficas e pedológicas locais, onde seus limites são definidos pela presença constante de nuvens orográficas (DOUMENGE *et al.*, 1995, BRUIJNZEEL e HAMILTON, 2000; SCHMID, 2004) oriundas do processo de resfriamento adiabático das massas de ar quentes e úmidas vindas do oceano (FALKENBERG e VOLTOLINI, 1995).

Devido à grande importância que estes ecossistemas representam para a humanidade, sua manutenção e conservação foi tema de um dos capítulos do acordo firmado pela Convenção da Biodiversidade, elaborada e aprovada durante a Rio – 92 e da qual o Brasil é signatário. Neste documento, os ecossistemas de montanhas são considerados como áreas extremamente vulneráveis ao desequilíbrio ecológico, tanto natural como antrópico, tornando-se imprescindível a reunião de informações sobre sua ecologia, bem como sobre seu potencial de recursos naturais e de atividades econômicas (UNCED, 1992).

No que diz respeito às funções ecológicas, está comprovado que comunidades florestais de altitude contribuem significativamente para a manutenção das bacias hidrográficas, pois protegem e garantem a qualidade e o fluxo natural dos rios e riachos a jusante (BRUIJNZEEL e HAMILTON, 2000). Além da alta capacidade de filtro e do alto potencial hídrico dos seus solos (SCHEER, CURCIO e RODERJAN, 2011), as folhas das árvores interceptam a umidade das nuvens, constituindo uma contribuição hídrica adicional para todo o sistema, principalmente durante os períodos mais secos (SCHIMD, 2004). Sob condições úmidas, a quantidade de água diretamente interceptada por estas florestas pode ser equivalente a 15 - 20% da quantidade de precipitação direta e, em condições mais expostas, estes valores podem chegar a 50 - 60% (BUBB *et al.*, 2004).

Segundo dados da FAO (1993), durante o período de 1981 a 1990 as florestas altomontanas mundiais se encontravam entre os ecossistemas mais ameaçados do mundo, com uma taxa de desmatamento superior às outras formações analisadas na ocasião. No Brasil, estes números não são tão alarmantes uma vez que estas florestas se encontram em locais de difícil acesso, situação que, aliada ao seu baixo valor

econômico, foi determinante para a existência atual de remanescentes significativos (GALINDO-LEAL e CÂMARA, 2005).

No estado do Paraná, a Floresta Ombrófila Densa Altomontana se distribui por dezesseis municípios, recobrando aproximadamente 311 km² (INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIA E GEOCIÊNCIAS – ITCG, 2009) em sua grande maioria de florestas primárias, sendo grande parte protegida por unidades de conservação nas categorias de proteção integral e uso sustentável (MMA, 2016).

Com o crescente número de pesquisas realizadas nas últimas décadas (RODERJAN, 1994; ROCHA, 1999; PORTES, GALVÃO e KOEHLER, 2001; KOEHLER, GALVÃO e LONGHI, 2002; VASCHENKO *et al.*, 2007; SCHEER, CURCIO e RODERJAN, 2011; SCHEER, CURCIO e RODERJAN, 2011 e 2013; VIEIRA, BLUM e RODERJAN, 2014), podemos considerar já conhecidos os principais elementos pedológicos, florísticos e fitossociológicos destas comunidades, porém, faltam ainda informações mais detalhadas a respeito de suas interações com o meio físico.

Considerando o exposto, este trabalho foi desenvolvido como forma de contribuir aos estudos ecológicos realizados em florestas altomontanas, procurando identificar a existência de padrões florísticos e estruturais em comunidades localizadas em diferentes feições geomórficas na Serra do Mar do Paraná. Para alcançar os resultados almejados, foram objetivos deste trabalho: (I) detectar se existem diferenças nos solos e na composição de espécies da Floresta Ombrófila Densa Altomontana sobre encostas convergentes e divergentes e; (II) analisar a florística e sociologia de florestas altomontanas nesses dois tipos de encostas, comparando com outros estudos desenvolvidos no Paraná.

Procurando atender aos objetivos propostos, este estudo foi estruturado na forma de capítulos independentes, com os principais resultados para o primeiro objetivo apresentados no capítulo 1:

1 - Influência das condições geomórficas sobre os solos e florestas altomontanas na Serra do Mar paranaense – Brasil.

O segundo objetivo deste trabalho é abordado no segundo, terceiro e quarto capítulos, denominados:

2- Espécies arbóreas indicadoras de dois tipos de encostas em Floresta Ombrófila Densa Altomontana na Serra do Mar do Paraná – Brasil;

3 - Caracterização fitossociológica de dois tipos de encostas em trechos da Floresta Ombrófila Densa Altomontana na Serra do Mar do Paraná – Brasil;

4 - Influência das condições geomórficas sobre os aspectos estruturais de florestas altomontanas na Serra do Mar paranaense.

REFERÊNCIAS

BRUIJNZEEL, L. A.; HAMILTON, L. S. **Decision Time for Cloud Forests**. IHP Humid Tropics Programme Series no. 13, IHP-UNESCO, Paris, IUCN-NL, Amsterdam and WWF International, Gland, 2000.

BUBB, P., MAY, I., MILES, L., SAYER, J. 2004. **Cloud Forest Agenda**. UNEP-WCMC, Cambridge, UK. Disponível em: http://www.unepcmc.org/resources/publications/UNEP_WCMC_bio_series/20.htm. Acesso em 26/03/2015.

DOUMENGE, C.; GILMOR, D.; PEREZ, M. R.; BLOCKHUS, J. Tropical Montane Cloud Forests: conservation status and management issues. In: HAMILTON, L. S.; JUVIK, J. O.; SCATENA, F. N. **Tropical montane cloud forests**. New York, 1995. p. 24 - 37.

FALKENBERG, D. de B.; VOLTOLINI, J. C. The Montane cloud forest in southern Brazil. **Ecological Studies**, v. 110, p. 138-149, 1995.

FAO, 1993. **Forest Resources Assessment 1990: tropical countries**. FAO Forestry Paper 130, Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome.

GALINDO-LEAL, C; CÂMARA, I.G. **Mata Atlântica : biodiversidade, ameaças e perspectivas**. Editado por; traduzido por Edma Reis Lamas. – São Paulo : Fundação SOS Mata Atlântica — Belo Horizonte : Conservação Internacional, 2005. 472 p.

HAMILTON, L. S.; JUVIK, J. O.; SCATENA, F. N. **Tropical montane cloud forests**. New York, 1995. p. 24 - 37.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. v.2. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 275 p.

INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIA E GEOCIÊNCIAS – ITCG. **Formações Fitogeográficas – Estado do Paraná**. Formato shapefile. 2009. Disponível em: <http://www.itcg.pr.gov.br>. Acesso em: 03/09/2015.

KOEHLER, A.; GALVÃO, F.; LONGHI, S. J. Floresta Ombrófila Densa Altomontana: Aspectos florísticos e estruturais de diferentes trechos na serra do Mar, PR. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 2, p. 27 - 39, 2002.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA. **Cadastro Nacional das Unidades de Conservação (CNUC)**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/areas-protegidas/cadastro-nacional-de-ucs>. Acesso em: 25/01/2016.

PORTES, M. C. G. de O.; GALVÃO, F.; KOEHLER, A. Caracterização florística e estrutural de uma Floresta Ombrófila Densa Altomontana do morro do Anhangava, Quatro Barras, PR. **Floresta**, Curitiba, v. 31, n. 1/2, p. 9 - 18, 2001.

ROCHA, M.R.L. Caracterização fitossociológica e pedológica de uma Floresta Ombrófila Densa no Parque Estadual do Pico do Marumbi – Morretes, PR. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 1999. 80p. (**Dissertação**).

RODERJAN, C. V. A Floresta Ombrófila Densa Altomontana do morro do Anhangava, Quatro Barras, PR - Aspectos climáticos, pedológicos e fitossociológicos. 119 f. **Tese** (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1994.

SCHEER, M. B.; CURCIO, G. R.; RODERJAN, C. V. Funcionalidades ambientais de solos altomontanos na Serra da Igreja, Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 4, p. 1113-1126, 2011.

SCHEER, M. B.; CURCIO, G. R.; RODERJAN, C. V. Carbon and water in in Upper Montane Soils and Their Influences on Vegetation in Southern Brazil. **Soil Science**, Philadelphia, v. 2013, 2013.

SCHMID, S. **Water and Ion Fluxes to a Tropical Montane Cloud Forest Ecosystem in Costa Rica**. Universitat Bern. 2004.

UNITED NATIONS CONFERENCE ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT - UNCED. **Agenda 21**. Rio de Janeiro, 3 a 14 julho de 1992. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/Agenda21.pdf>. Acesso em: 01/2016

VASHCHENKO, Y.; PIOVESAN, R. P.; LIMA, M. R.; FAVARETTO, N. Solos e vegetação dos Picos Camacua, Camapuã e Tucum – Campina Grande Do Sul-PR. **Sci. Agr.**, 8: 411-419, 2007.

VIEIRA, R.S.; BLUM, C.T.; RODERJAN, C.V. Caracterização florística e estrutural de uma Floresta Ombrófila Densa Altomontana na serra do Capivari, Campina Grande do Sul, Paraná. **Floresta**, Curitiba, v. 44, n. 4, p.565 - 576, 2014.

CAPÍTULO I

INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES GEOMÓRFICAS SOBRE OS SOLOS E FLORESTAS ALTOMONTANAS NA SERRA DO MAR PARANAENSE – BRASIL

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência da topografia sobre as propriedades físico-químicas dos solos e na distribuição das espécies arbóreas da Floresta Ombrófila Densa Altomontana do Paraná. Foram analisados três blocos da Serra do Mar, denominados de morros Capivari Grande (1.621 m.s.n.m.), Cerro Verde (1.652 m.s.n.m.) e Taipabuçu (1.709 m.s.n.m.). Para cada bloco foram mapeados e classificados os solos existentes em florestas altomontanas localizadas sobre encostas convergentes e divergentes. Para análise das propriedades físico-químicas dos solos foram coletadas amostras em cinco pontos além do perfil, nas camadas superficiais (0–20 cm) e subsuperficiais (20–40 cm). Para caracterizar o componente arbóreo em cada tipo de encosta, foram utilizadas unidades amostrais de 50 m² onde foram mensurados todos os indivíduos com PAP \geq 10 cm. Uma Análise de Correspondência Segmentada (DCA) foi executada para avaliar a existência de gradientes florísticos entre os dois tipos de encosta. No geral os solos foram ácidos, com baixa saturação por bases e elevados níveis de saturação por alumínio. Sobre encostas convergentes, predominaram solos mais profundos e mais férteis (Neossolos Regolíticos), enquanto que sobre encostas divergentes, os processos morfogenéticos mais intensos impedem o espessamento dos horizontes minerais, dando origem consequentemente a solos mais rasos e com altos níveis de saturação por alumínio (Neossolos Litólicos). A existência de grupos florísticos foi detectada pela análise de correspondência segmentada.

Palavras-chave: pedologia, DCA, formas de encosta

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the influence of topography on the physicochemical properties of soils and the distribution of tree species in the upper montane cloud forest of Paraná. Three blocks of the Serra do Mar mountain range were analyzed, called hills

Capivari Grande (1,621 m a.s.l.), Cerro Verde (1,652 m a.s.l.) and Taipabuçu (1,709 m a.s.l.). For each block have been mapped and classified the existing soils in upper montane cloud forests located on convergent and divergent slopes. For analysis of the physicochemical properties of soils there were collected samples on five points and the soil profile, surface layers (0-20 cm) and subsurface (20-40 cm). To characterize the arboreal component in each type of slope, sampling units of 50 m² were used in which were measured all individuals with PAP \geq 10 cm. A Detrended Correspondence Analysis (DCA) was performed to evaluate the existence of floristic gradients between the two types of slope. Overall soils were acidic, low base saturation and high levels of aluminum saturation. About convergent slopes predominated deeper and more fertile soils (Regolithic Neossoils), while on divergent slopes, the most intense morphogenetic processes prevent thickening of mineral horizons, leading consequently the shallower soils with high levels of aluminum saturation (Litolic Neossoils). The existence of floristic groups was detected by DCA.

Keywords: pedology, DCA, slope forms

INTRODUÇÃO

A grande variedade de rochas e relevos existentes na Serra do Mar condiciona uma grande diversificação pedológica, decorrente de processos pedogenéticos dinâmicos regulados pelas baixas temperaturas, elevadas declividades e altos índices pluviométricos (STADTMÜLLER, 1987; GHANI, 1996). Sobre relevos acidentados os fluxos hídricos assumem importância fundamental nos processos pedogenéticos, intensificando o transporte dos materiais desagregados e os processos de lixiviação, predominando nestes ambientes solos rasos a pouco profundos, com baixa saturação por bases e alta saturação por alumínio (RODERJAN, 1994; ROCHA, 1999; SCHEER, CURCIO e RODERJAN, 2011 e 2013).

Sobre os terços médios e superiores das encostas predominam os solos rasos e de textura média, correspondentes à classe dos Neossolos. Nos locais onde há o favorecimento de acúmulos dos sedimentos provindos da montante pode ocorrer à formação de um horizonte mineral, caracterizando estes solos como Neossolos Litólicos húmicos (RODERJAN, 1994; PORTES, GALVÃO e KOEHLER, 2001; VASCHENKO *et al.*, 2007). Com o aumento da declividade os processos da morfogênese sobrepujam a pedogênese (IBGE, 2009) impedindo o desenvolvimento

dos horizontes minerais, sendo comum a ocorrência de espessos horizontes orgânicos diretamente assentados sobre a rocha, podendo ser encontrados nestas situações os Organossolos Fólicos (RODERJAN, 1994; ROCHA, 1999) e os Neossolos Litólicos hísticos (PORTES, GALVÃO e KOEHLER, 2001; SCHEER, CURCIO e Roderjan, 2011 e 2013).

A ocorrência de solos relativamente mais profundos se encontra restrita às condições de fundo de vale e sobre encostas convergentes, onde a condição topográfica propicia o acúmulo de sedimentos e, conseqüentemente a evolução dos horizontes minerais, podendo ser encontrados além da classe dos Neossolos, os Argissolos e também os Cambissolos (RODERJAN, 1994; ROCHA, 1999). Além disso, estas condições geomórficas favorecem a concentração dos fluxos hídricos, os quais assumem importância fundamental nos processos pedogenéticos, não sendo rara a presença dos Gleissolos Háplicos (SCHEER, CURCIO e Roderjan, 2011).

Apesar de ainda ser escasso, nas últimas décadas houve um aumento significativo no número de estudos envolvendo análises pedológicas nos ambientes altomontanos no Paraná (RODERJAN, 1994; ROCHA, 1999; VASHCHENKO *et al.*, 2007; SCHEER, CURCIO e Roderjan, 2011 e 2013; VIEIRA, BLUM e Roderjan, 2014), os quais buscaram caracterizar o componente pedológico sob as florestas e campos da Serra do Mar.

Desta forma, além de colaborar com informações referentes aos solos das florestas altomontanas, sendo estas de fundamental importância para o estabelecimento de ações que visem proteger os ecossistemas altomontanos do Paraná, o presente estudo teve como objetivo avaliar a influência da topografia sobre as propriedades físico-químicas dos solos e sua relação com a distribuição das espécies arbóreas da Floresta Ombrófila Densa Altomontana na Serra do Mar.

MATERIAL E MÉTODOS

Constituída por um complexo granítico que se estende pela costa leste do Brasil, desde o Rio de Janeiro até o norte de Santa Catarina (ALMEIDA e CARNEIRO, 1998), a Serra do Mar representa no Paraná uma barreira que separa os planaltos interiores do litoral, repartida por conjuntos de blocos altos e baixos, em maciços diversos, exibindo seus pontos culminantes no sentido NE e diminuindo em altura no sentido SW (MAACK, 1968; BIGARELLA, 1978).

De acordo com a classificação climática de Koeppen, o clima da região é do tipo Cfb, subtropical sempre úmido, com verões frescos, geadas frequentes e sem estação seca definida (INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ, 1994). Na Serra do Mar, esse tipo climático tem sua ocorrência restrita a níveis altitudinais superiores aos 800 m.s.n.m. (MAACK, 1968; BLUM, RODERJAN e GALVÃO; 2011). A precipitação média nos ambientes altomontanos é geralmente acima de 1.500 mm anuais (FALKENBERG e VOLTOLINI, 1995), sendo encontrados para as encostas elevadas e cumes da serra paranaense valores superiores a 2.000 mm anuais (RODERJAN, 1994; ROCHA, 1999).

Foram amostradas três áreas de florestas altomontanas localizadas em diferentes blocos graníticos que integram o Complexo da Serra do Mar no Paraná, conhecidos regionalmente como morros Capivari Grande (1.621 m.s.n.m.), Cerro Verde (1.652 m.s.n.m.) e Taipabuçu (1.709 m.s.n.m). A escolha das áreas levou em consideração a presença de florestas com as características típicas da Floresta Ombrófila Densa Altomontana (RODERJAN *et al.*, 2002), localizadas acima de 1.500 m.s.n.m. na face continental da Serra do Mar e inseridas sobre o mesmo embasamento geológico, no caso o Granito Graciosa (MINEROPAR, 2001) (Figura 1).

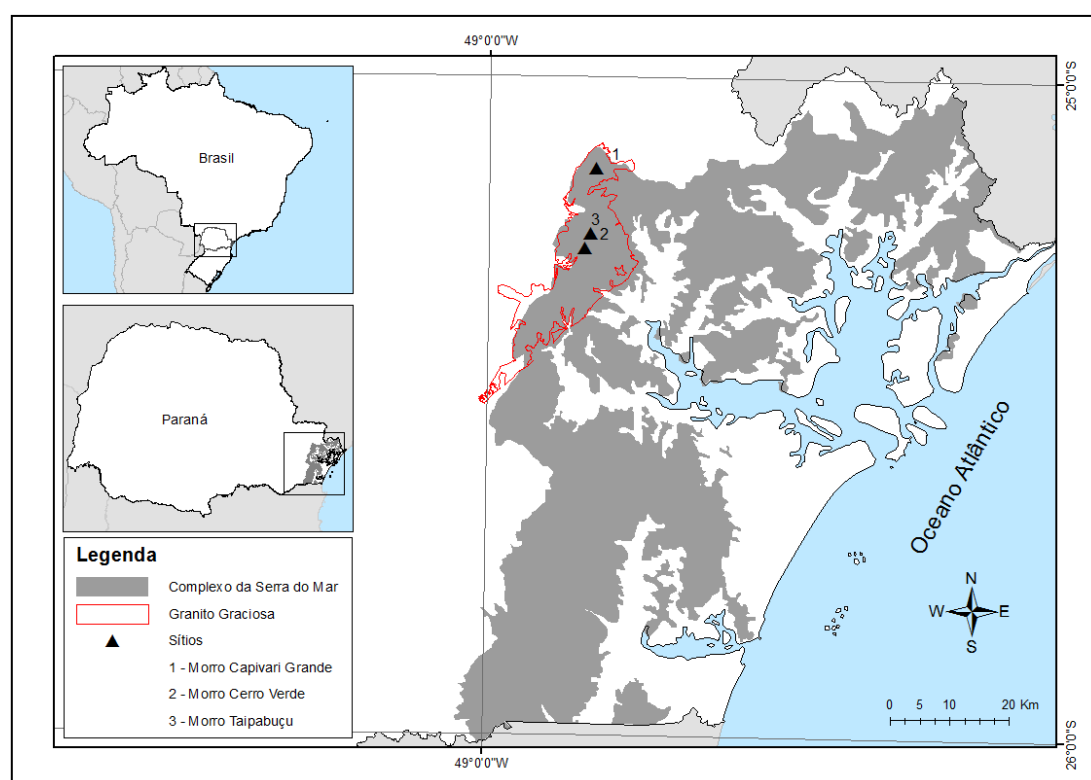


Figura 1 - Localização das áreas de estudo na Serra do Mar do estado do Paraná, destacando a ocorrência do Granito Graciosa. Fonte: MINEROPAR, 2001; ITCG, 2009.

Com o auxílio das cartas topográficas Bairro Alto (MI-2843-1-SE) e Rio do Nunes (MI-2843-3-NE), ambas na escala 1: 25.000 disponibilizadas pelo ITCG (INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIA E GEOCIÊNCIAS, 2014), foram selecionados dois sítios de amostragem para cada área, sendo um sobre encosta convergente e outro em encosta divergente. Para cada sítio, foram mapeadas as classes de solos predominantes com auxílio de um trado do tipo holandês, sendo posteriormente abertas trincheiras para descrições e coleta de perfis, conforme proposto por Lemos e Santos (1984), e classificados segundo as normas do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013).

Para análise das propriedades físico-químicas dos solos de cada tipo de encosta foram coletadas subamostras em cinco pontos além do perfil, nas camadas superficiais (0 – 20 cm) e subsuperficiais (20 – 40 cm), gerando amostras compostas que foram encaminhadas ao laboratório do Departamento de Solos do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná. Os atributos químicos e físicos analisados foram: pH, H+Al, teores de Al, Ca, Mg, K, soma de bases (S), capacidade de troca catiônica (T), fósforo (P), saturação por bases (V), saturação por alumínio (m), carbono orgânico total (C), relação Ca/Mg e teores de argila, silte e areia.

Para avaliar o componente arbóreo da floresta nas diferentes condições geomórficas, foram alocadas em cada sítio vinte unidades amostrais de 50 m² (5 x 10 m), sendo dez sobre encostas convergentes e as outras dez em encostas divergentes, totalizando 1.500 m² por tipo de encosta. Dentro de cada unidade amostral foram identificados todos os indivíduos com perímetro à altura do peito (PAP) igual ou superior a 10 cm ($DAP \geq 3,18$ cm).

Com os resultados obtidos no levantamento da vegetação foi elaborada uma matriz de abundância das espécies com mais de 15 indivíduos no cômputo total, a qual sofreu transformação logarítmica do tipo $\log(x + 1)$, conforme indicado por ter Braak (1995) e, posteriormente foi submetida a uma análise de correspondência retificada ou DCA, sendo todos os cálculos executados no programa PC-ORD 6.0 (MCCUNE e MEFFORD, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Assim como verificado em outras florestas altomontanas do Paraná (RODERJAN, 1994; PORTES, GALVÃO e KOEHLER, 2001; VASCHENKO *et al.*, 2007; SCHEER, CURCIO e Roderjan, 2011), os solos apresentaram elevada acidez com pH variando de 3,6 a 3,8 na camada superficial (0 – 20 cm) e acima de 4,0 na camada subsuperficial (20-40 cm), sendo esta última presente apenas nos perfis analisados sobre encostas convergentes (Perfis 1, 2 e 3; Tabela 1).

Todos os perfis apresentaram baixa saturação por bases (V) e alta saturação por alumínio (m), sendo estas características comuns para os solos altomontanos em decorrência dos climas úmidos e dos excessos de pluviosidade que, associados às elevadas declividades, intensificam os processos de lixiviação (STADTMÜLLER, 1987; GHANI, 1996; BENITES *et al.*, 2007; VASCHENKO *et al.*, 2007; SCHEER, CURCIO e Roderjan, 2011 e 2013).

Sobre encostas convergentes foi verificado que mesmo em relevos montanhosos os acúmulos de sedimentos minerais são favorecidos, dando origem a solos com maior profundidade e também com maior fertilidade, apresentando em alguns casos horizontes gleizados sobre as camadas mais profundas, classificados como Neossolos Regolíticos (EMBRAPA, 2013) (Tabela 1; Perfis 1, 2 e 3). Estes solos foram predominantes sobre as encostas convergentes nas três áreas estudadas, chegando a profundidades de até 80 cm na serra do Capivari (Figura 2A).

Os maiores níveis de alumínio trocável foram registrados nos solos do morro Capivari Grande e na encosta divergente do morro Taipabuçu, aonde chegou a um nível de 4,9 cmol/dm³. Os níveis de saturação por alumínio (m) foram maiores nas camadas mais profundas (Perfis 1, 2 e 3), com valores variando entre 92 a 93%, enquanto que nas camadas superficiais estes níveis variaram entre 52 a 84% (Tabela 1).

Sobre encostas divergentes predominaram solos mais rasos, raramente com profundidade superior a 30 cm, extremamente ácidos, dessaturados de bases e com altas concentrações de carbono, classificados como Neossolos Litólicos (EMBRAPA, 2013) (Tabela 1: Perfis 4, 5 e 6; Figura 2B). Assim como descrito em IBGE (2009), nesta forma de terreno as declividades acentuadas intensificam a ação dos fluxos hídricos no transporte de materiais desagregados oriundos do intemperismo, favorecendo o predomínio da morfogênese. Da mesma forma, os processos de lixiviação também se

tornam acentuados, condicionando juntamente com as elevadas quantidades de matéria orgânica, elevados níveis de acidez para os solos altomontanos, não sendo rara a presença do caráter alítico conforme verificado nos perfis 1, 4 e 6.

As menores declividades registradas nos perfis 4 e 6 foram associadas à “camuflagem” exercida pela serapilheira com os emaranhados de raízes, chegando algumas vezes a formar tapetes suspensos sobre espaços vazios abaixo da superfície ou diretamente assentados sobre rochas. Nestas situações, os solos originados são constituídos essencialmente por materiais orgânicos, sendo, portanto, classificados como Neossolos Litólicos hísticos (IBGE, 2013). Devido à menor representatividade destes solos na paisagem, não foram caracterizadas suas propriedades químicas e granulométricas.

O nível de C orgânico no horizonte A foi muito alto nos dois compartimentos, sendo os maiores valores registrados na encosta convergente do morro Taipabuçu ($67,2 \text{ g.kg}^{-1}$) e na encosta divergente do morro Capivari Grande ($57,8 \text{ g.kg}^{-1}$) (Tabela 1). Uma única exceção foi registrada na encosta convergente do morro Capivari Grande, onde o nível de C orgânico ($C = 6,2 \text{ g.kg}^{-1}$) foi considerado como baixo para os padrões da floresta altomontana do Paraná (VASCHENKO *et al.*, 2007; SCHEER, CURCIO e RODERJAN, 2011 e 2013).

Em alguns pontos os horizontes hísticos apresentaram até 30 cm de espessura, sendo seu acúmulo comum nestes ambientes e associados às menores taxas de mineralização da matéria orgânica (M.O.) em consequência dos efeitos climáticos, conforme observado por Ghani (1996) e Rizzini (1997). Segundo estes autores, as baixas temperaturas associadas às altas precipitações reduzem as taxas de atividade microbiana e consequentemente de decomposição, contribuindo para a preservação de maiores estoques de C orgânico nos solos altomontanos.

Tabela 1 - Propriedades químicas dos horizontes superficiais (0 – 20 cm) e subsuperficiais (20 – 40 cm) dos solos em Floresta Ombrófila Densa Altomontana na Serra do Mar do Paraná. Legenda: SB = soma de bases; T = capacidade de troca catiônica; m = saturação por alumínio; C = carbono.

Horizonte	Contato	Profund. (cm)	Relevo (Decliv - %)	pH CaCl ₂	Al -----	H+Al	Ca	Mg	K	SB	T	P mg/dm ³	V --%--	m	Ca/Mg	C g/dm ³	Argila -----	Silte g.kg ⁻¹	Areia -----
Oo		-																	
A	Lítico	0 - 20	Montanhoso (53)	3,7	2,9	12,1	0,9	0,6	0,3	1,8	13,9	12,8	13	62	1,5	6,4	200	225	575
		20 - 40		4,0	4,4	10,5	0,2	0,1	0,1	0,4	10,9	2,9	4	92	2,0	34,4	313	188	500
Oo		-																	
A	Lítico	0 - 20	Montanhoso (51)	3,8	3,0	7,8	0,3	0,2	0,1	0,6	8,4	4,8	7	84	1,5	26,2	238	150	613
		20 - 40		4,1	3,0	6,2	0,1	0,1	0,03	0,2	6,4	0,9	4	93	1	11,8	250	138	613
Oo		-																	
A	Lítico	0 - 20	Montanhoso (49)	3,6	1,4	9,3	0,8	0,3	0,2	1,3	10,6	4,0	12	52	2,7	67,2	113	263	625
		20 - 40		4,1	3,9	10,5	0,2	0,1	0,1	0,4	10,9	1,1	3	92	2,0	23,6	363	163	475
Oo		-																	
A	Lítico	0 - 20	Forte ondulado (33)	3,6	4,0	15,8	0,4	0,4	0,2	1,0	16,8	5,2	6	80	1,0	57,8	300	200	500
Oo		-																	
A	Litóide	0 - 20	Montanhoso (50)	3,8	2,6	6,7	0,2	0,2	0,04	0,4	7,1	0,1	6	86	1,0	26,2	238	175	588
Oo		-																	
A	Lítico	0 - 20	Forte ondulado (44)	3,8	4,9	13,1	0,4	0,2	0,1	0,7	13,8	3,9	5	87	2,0	45,8	338	175	488

Os elevados teores de M.O. estão entre as principais fontes de acidez dos solos, em decorrência do fornecimento de íons H^+ provenientes dos grupos carboxílicos e fenólicos do material não decomposto (GHANI, 1996; ZECH *et al.*, 1997). Contribuições externas advindas das precipitações horizontais também são citadas como importantes fontes no processo de acidificação dos solos altomontanos, uma vez que apresentam pH inferior ao da chuva normal (STADTMÜLLER, 1987) e representam acréscimos significativo no sistema hidrológico (BRUIJNZEEL e HAMILTON, 2000; BRUIJNZEEL, 2001).

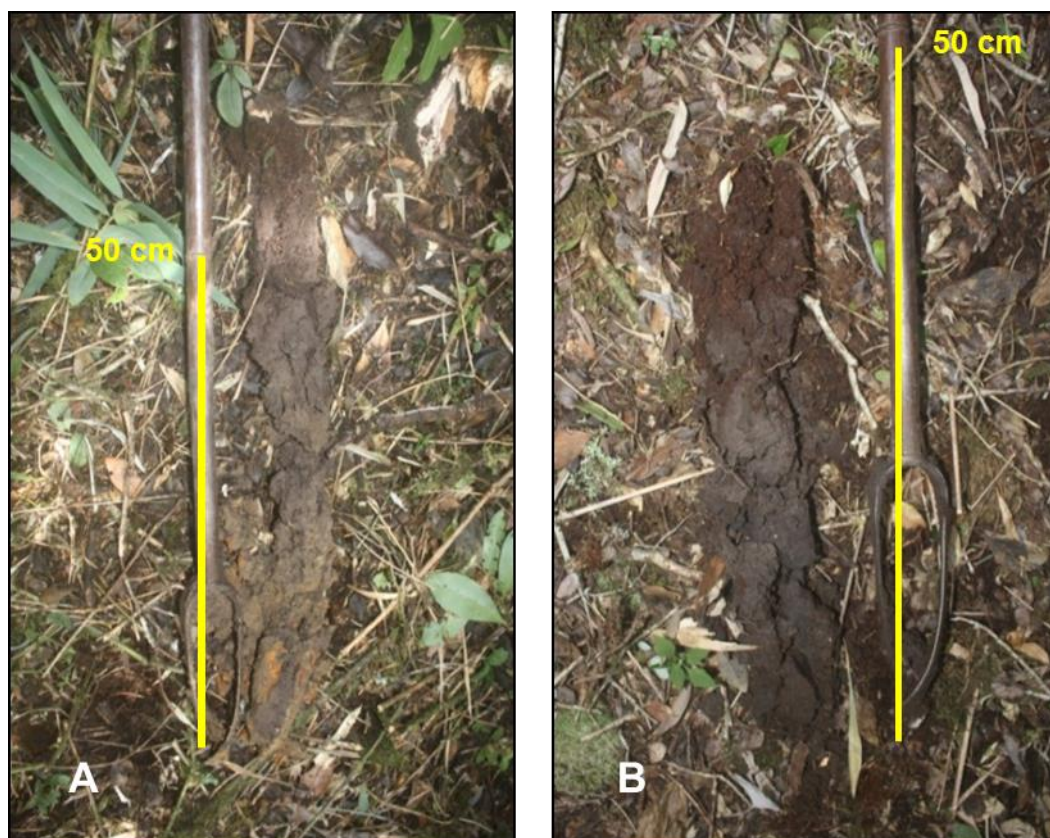


Figura 2. Classes de solos registradas nas encostas convergentes (A - Neossolo Regolítico) e divergentes (B - Neossolo Litólico) da Serra do Mar sobre rochas graníticas da formação Graciosa, Paraná.

Assim como verificado por Roderjan (1994) e Scheer, Curcio e Roderjan (2011) os horizontes superficiais apresentaram maior acidez potencial ($H+Al$) que as camadas subsequentes, conforme representado nos Perfis 1 e 3, enquanto que, para o Perfil 2, a taxa de $H+Al$ entre os horizontes não apresentou diferença.

Conforme descrito anteriormente, todos os perfis apresentaram baixa saturação por bases (V), com valores inferiores a 50%, sendo, portanto, classificados como distróficos (EMBRAPA, 2013). Para os horizontes superficiais, os valores variaram entre 7 a 13% nas encostas convergentes e, 5 a 6% nas encostas divergentes (Tabela 1).

De um modo geral, os solos mais férteis foram registrados nas encostas convergentes (Neossolos Regolíticos), onde além de menos ácidos, apresentaram menores taxas de saturação por alumínio e maiores teores de Ca, Mg e K. Já sobre encostas divergentes os solos foram pouco desenvolvidos, com altos níveis de C orgânico e, conseqüentemente, maior acidez potencial quando comparados aos verificados sobre encostas convergentes.

Na análise de correspondência segmentada (DCA) o autovalor do primeiro eixo foi de 0,475, acima do limite estabelecido como significativo para explicação de dados ecológicos por Felfili *et al.*, (2007) e, o comprimento do eixo igual a 3,192. A distribuição das unidades amostrais sobre o primeiro eixo de ordenação revelou a existência de um gradiente florístico, agrupando os conjuntos correspondentes às encostas convergentes (1 a 30) e divergentes (31 a 60), à direita e a esquerda do diagrama, respectivamente (Figura 3). Este resultado confirma a diferenciação pedológica entre os dois tipos de encosta.

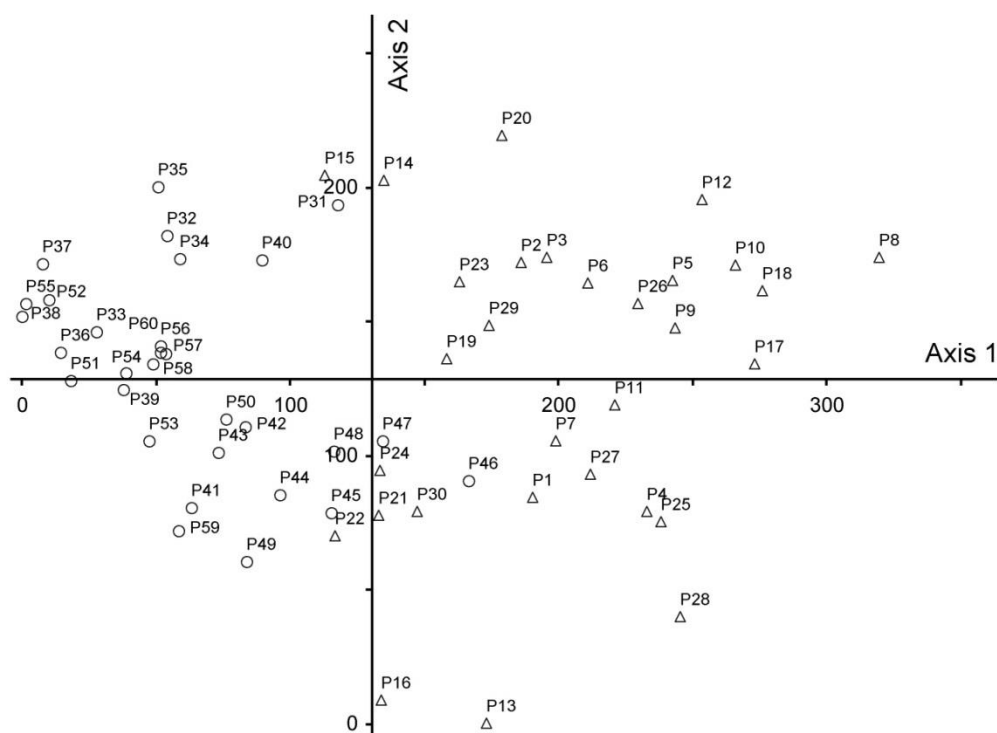


Figura 3 - Diagrama de ordenação nos dois primeiros eixos da DCA para unidades amostrais alocadas em florestas altomontanas sobre encostas convergentes (Δ) e divergentes (○) na Serra do Mar do Paraná.

A maior similaridade florística foi observada para as unidades amostrais alocadas sobre encostas divergentes, sendo a formação deste grupo associada principalmente às contribuições de *Ilex microdonta*, *I. chamaedryfolia*, *Handroanthus catarinensis* e *Siphoneugena reitzii*. Entretanto, os maiores responsáveis pela formação do diagrama foram associados ao grupo das espécies registradas sobre encostas convergentes, sendo os destaques correspondentes à *Myrceugenia regnelliana*, *M. myrcioides*, *Calyptranthes obovata* e *Eugenia sclerocalyx*.

CONCLUSÕES

No geral os solos foram muito ácidos, com baixa saturação por bases e elevados níveis de saturação por alumínio, sendo estas características associadas à intensificação dos processos de lixiviação promovidos pelos altos índices pluviométricos e pelas declividades acentuadas. Da mesma forma, os altos níveis de C orgânico sobre os horizontes superficiais indicaram uma limitação nos processos de decomposição.

Apesar da grande homogeneidade entre os parâmetros químicos dos horizontes superficiais dos perfis, foi verificado que a topografia exerceu importante influência principalmente sobre a profundidade e suas taxas de fertilidade.

Sobre as encostas convergentes os acúmulos de sedimentos são favorecidos, assim como a concentração dos fluxos hídricos e íons, influenciando diretamente nos processos pedogenéticos e originando solos de profundidade moderada, classificados como Neossolos Regolíticos.

Sobre encostas divergentes, os fluxos hídricos também assumem importante papel, restringindo o desenvolvimento dos horizontes minerais e promovendo a lavagem das bases trocáveis em decorrência da lixiviação, resultando em solos rasos, extremamente dessaturados por bases e com os altos níveis de saturação de alumínio e alumínio trocável, classificados como Neossolos Litólicos.

Os baixos níveis de saturação por bases foram verificados para todos os solos analisados, porém aumentos significativos foram associados às encostas convergentes.

O caráter alítico foi verificado nas duas condições topográficas analisadas, com maior ocorrência sobre as encostas divergentes.

Associadas às alterações promovidas no solo, as espécies apresentaram padrões de distribuição diferenciados de acordo com o compartimento topográfico, dando origem a conjuntos florísticos distintos.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F.F.M.; CARNEIRO, C. D. R. Origem e evolução da Serra do Mar. **Revista Brasileira de Geociências**, 28, n. 2: 135-150, 1998.
- BENITES, V. M.; SCHAEFER, C. E. G. R.; SIMAS, F. N. B.; SANTOS, H. G. Soils associated with rock outcrops in the Brazilian mountain ranges Mantiqueira and Espinhaço. **R. Bras. Bot.**, 30:569-577, 2007.
- BIGARELLA, J.J. A **Serra do Mar e a porção oriental do Estado do Paraná**. Curitiba: Secretaria de Estado de Planejamento. p. 37-54, 245. 1978.
- BLUM, C. T.; RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F. O clima e sua influência na distribuição da Floresta Ombrófila Densa na serra da Prata, Morretes, Paraná. **Floresta**, Curitiba, v. 41, p. 589 - 598, 2011.
- BRUIJNZEEL, L. A. **Hydrology of tropical montane cloud forests: A Reassessment. Land Use and Water Resources Research**. (2001) 1.1-1.18.
- BRUIJNZEEL, L. A.; HAMILTON, L. S. **Decision Time for Cloud Forests**. IHP Humid Tropics Programme Series no. 13, IHP-UNESCO, Paris, IUCN-NL, Amsterdam and WWF International, Gland, 2000.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, 2013. 306p.
- FALKENBERG, D. de B.; VOLTOLINI, J. C. The Montane cloud forest in southern Brazil. **Ecological Studies**, v. 110, p. 138-149, 1995.
- FELFILI, J. M.; CARVALHO, F. A.; LIBANO, A. M.; VENTUROLI, F.; PEREIRA, B. A. S. Análise multivariada em estudos de vegetação. **Comunicações Técnicas Florestais**, v.9, n.1, Brasília, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, 2007.
- GHANI, N. L. B. Caracterização morfológica, física, química, mineralógica, gênese e classificação de solos altimontanos derivados de riólito e migmatito da Serra do Mar – PR. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 1996. 174p. (**Dissertação**).
- INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ - IAPAR. **Cartas climáticas do estado do Paraná**. IAPAR. Documento, 18. Londrina, PR, Brasil. 49 p. 1994.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Manual técnico de geomorfologia** / IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. – 2. ed. - Rio de Janeiro : IBGE, 2009. 182 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. v.2. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 275 p.

INSTITUTO DE TERRAS, CARTOGRAFIA E GEOCIÊNCIAS - ITCG. **Cartas topográficas**. Disponível em: <http://www.itcg.pr.gov.br>. Acesso em: 16/04/2014.

LEMONS, R. C.; SANTOS, R. D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 2 edição. SBCE-SNLCS, Campinas, 1984. 46p.

INSTITUTO DE TERRAS CARTOGRAFIA E GEOCIÊNCIAS – ITCG. **Mapa das Formações Fitogeográficas do Estado do Paraná**. 2009. Disponível em: <http://www.itcg.pr.gov.br>. Acesso em: mar/2015.

MCCUNE, B.; MEFFORD, M.J. 2011. PC – ORD. **Multivariate Analysis of Ecological**. Data. Version 6. MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, U.S.A.

MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná**. Rio de Janeiro: J. Olympio.1968.

MINEROPAR MINERAIS DO PARANÁ S.A. **Atlas geológico do estado do Paraná**. Curitiba, 2001.

PORTES, M. C. G. de O.; GALVÃO, F.; KOEHLER, A. Caracterização florística e estrutural de uma Floresta Ombrófila Densa Altomontana do morro do Anhangava, Quatro Barras, PR. **Floresta**, Curitiba, v. 31, n. 1/2, p. 9 - 18, 2001.

RIZZINI, C. T. **Tratado de fitogeografia do Brasil**: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos. Âmbito Cultural Edições Ltda., Rio de Janeiro, 1997.

ROCHA, M.R.L. Caracterização fitossociológica e pedológica de uma Floresta Ombrófila Densa no Parque Estadual do Pico do Marumbi – Morretes, PR. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 1999. 80p. (**Dissertação**).

RODERJAN, C.V. A Floresta Ombrófila Densa Altomontana no Morro Anhangava, Quatro Barras, PR: Aspectos climáticos, pedológicos e fitossociológicos. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 1994. 119p. (**Tese**).

RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; HATSCHBACH, G. G. As unidades fitogeográficas do estado do Paraná, Brasil. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 13, n. 24, p. 75 - 92, 2002.

SCHEER. M. B.; CURCIO, G. R.; RODERJAN, C. V. Funcionalidades ambientais de solos altomontanos na Serra da Igreja, Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 4, p. 1113-1126, 2011.

SCHEER, M. B.; CURCIO, G. R.; RODERJAN, C. V. Carbon and water in in Upper Montane Soils and Their Influences on Vegetation in Southern Brazil. **Soil Science**, Philadelphia, v. 2013, 2013.

STADTMÜLLER, T. Cloud Forests in the Humid Tropics - **A Bibliographic Review**. **Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza** (CATIE). The United Nations University. 1987.

TER BRAAK, C. J. F. CANOCO. **A Fortran program for canonical community ordination by (Partial) (Detrended) (Canonical) correspondence analysis and redundancy analysis**. Version 2.1. Wageningen: Institute of Applied Computer Science. 95p. 1988.

VASHCHENKO, Y.; PIOVESAN, R. P.; LIMA, M. R.; FAVARETTO, N. Solos e vegetação dos Picos Camacua, Camapuã e Tucum – Campina Grande Do Sul-PR. **Sci. Agr.**, 8: 411-419, 2007.

VIEIRA, R.S.; BLUM, C.T.; RODERJAN, C.V. Caracterização florística e estrutural de uma Floresta Ombrófila Densa Altomontana na serra do Capivari, Campina Grande do Sul, Paraná. **Floresta**, Curitiba, v. 44, n. 4, p.565 - 576, 2014.

ZECH, W.; SENESI, N.; GUGGENBERGER, G.; KAISER, K.; LEHMANN, K.; MILTNER, A.; MIANO, T.M.; SCHROTH, G. Factors controlling humification and mineralizing of soil organic matter in the tropics. **Geoderma**, 79:117-161, 1997.

CAPÍTULO II

ESPÉCIES ARBÓREAS INDICADORAS DE DOIS TIPOS DE ENCOSTAS EM FLORESTA OMBRÓFILA DENSE ALTOMONTANA NA SERRA DO MAR DO PARANÁ – BRASIL

RESUMO

Este estudo procurou comparar a composição florística em florestas altomontanas localizadas sobre encostas convergentes e divergentes na Serra do Mar do Paraná. Foram selecionados três sítios onde foram alocadas 20 unidades amostrais de 50 m², sendo dez para cada tipo de encosta. No total foram registradas 48 espécies arbóreas, distribuídas em 27 gêneros e 18 famílias, sendo as maiores riquezas verificadas para Myrtaceae (20 espécies), Melastomataceae (4), Aquifoliaceae e Lauraceae (3 cada). Mesmo sendo verificada uma elevada similaridade florística entre os sítios, grupos foram identificados através da análise de agrupamentos e confirmados pela análise TWINSpan. Uma análise de espécies indicadoras (INDVAL) foi realizada, sendo detectadas as espécies que mais caracterizam as encostas convergentes (*Myrceugenia regnelliana*, *Calyptanthus obovata*, *Eugenia sclerocalyx*, *Myrceugenia myrcioides* e *Dasyphyllum spinescens*) e divergentes (*Ilex microdonta*, *Siphoneugena reitzii*, *Handroanthus catarinensis*, *Ilex chamaedryfolia*, *Ocotea tristis*, *Drimys angustifolia* e *Clethra uleana*) nos trechos avaliados.

Palavras chave: Flora altomontana; TWINSpan; INDVAL; formas de encostas

ABSTRACT

This study sought to compare the floristic composition of altomontane forests located on convergent and divergent slopes of the Serra do Mar mountain range in Paraná. There were selected three and in each area there were allocated 20 sample units of 50 m², ten for each type of slope. There were registered 48 tree species, distributed in 27 genera and 18 families. The richest families were Myrtaceae (20 species), Melastomataceae (4), Aquifoliaceae and Lauraceae (3 each). Even being verified a high floristic similarity between sites, groups were identified by cluster analysis and confirmed by TWINSpan analysis. An analysis of indicator species (INDVAL) was

performed and detected the species most characteristic of convergent slopes (*Myrceugenia regnelliana*, *Calyptranthes obovata*, *Eugenia sclerocalyx*, *Myrceugenia myrcioides* and *Dasyphyllum spinescens*) and divergent slopes (*Ilex microdonta*, *Siphoneugena reitzii*, *Handroanthus catarinensis*, *Ilex chamaedryfolia*, *Ocotea tristis*, *Drimys angustifolia* and *Clethra uleana*) in the evaluated sites.

Keywords: Altomontane flora; TWINSpan; INDVAL; slopes forms

INTRODUÇÃO

As comunidades florestais que ocorrem em grandes altitudes sobrevivem diariamente submetidas a condições ambientais mais restritivas do que as localizadas em altitudes inferiores (STADTMÜLLER, 1987). Fatores como baixas temperaturas, elevadas taxas de umidade do ar e declividades acentuadas atuam como condicionantes restritivos nos processos pedogenéticos, os quais influenciam diretamente a capacidade de desenvolvimento do componente arbóreo (DOUMENGE *et al.*, 1995).

No contexto da paisagem regional, estas florestas são tão influenciadas pelo ambiente, que apresentam aspectos florísticos e estruturais distintos das demais unidades vegetacionais do bioma Mata Atlântica, sendo classificadas pelo Manual Técnico da Vegetação Brasileira como Floresta Ombrófila Densa Altomontana (IBGE, 2012).

No Paraná, sua ocorrência encontra-se restrita às maiores elevações do Complexo da Serra do Mar, geralmente acima de 1.200 m.s.n.m., onde fazem limites inferior e superior de ocorrência com a Floresta Ombrófila Densa Montana e os Refúgios Vegetacionais Altomontanos, respectivamente (RODERJAN *et al.*, 2002). São comunidades caracterizadas por uma elevada densidade de indivíduos arbóreos, sendo estes de pequeno porte, raramente superiores a oito metros de altura, com fustes finos, tortuosos e recobertos por uma grande quantidade de epífitas avasculares (RODERJAN, 1994; DOUMENGE *et al.*, 1995).

Com os grandes esforços desenvolvidos nas últimas décadas buscando caracterizar os componentes florísticos (SCHEER, MOCOCHINSKI e RODERJAN, 2009) e fitossociológicos (RODERJAN, 1994, ROCHA 1999; PORTES, GALVÃO e KOEHLER, 2001; KOEHLER, GALVÃO e LONGHI, 2002; SCHEER, CURCIO e RODERJAN, 2011 e; VIEIRA, BLUM e RODERJAN, 2014) das florestas altomontanas paranaenses, podemos considerar que atualmente seus elementos

florísticos se encontram bem documentados. Além de uma riqueza arbórea reduzida, os estudos demonstram uma elevada similaridade florística entre as diferentes subserras que compõem a Serra do Mar, indicando se tratar de uma comunidade relativamente homogênea, porém com diferentes características estruturais em resposta à heterogeneidade ambiental (SCHEER, CURCIO e RODERJAN, 2011).

Considerando que a topografia seja um fator limitante ao desenvolvimento de determinadas espécies dentro das comunidades florestais, este trabalho procurou detectar a presença de padrões florísticos do componente arbóreo da Floresta Ombrófila Densa Altomontana no Paraná, tendo como objetivos caracterizar e comparar a composição florística de florestas sobre encostas convergentes e divergentes, identificando quais espécies mais caracterizam cada uma das feições geomórficas.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados neste estudo provêm das listas florísticas obtidas através de levantamentos fitossociológicos realizados em três áreas com florestas altomontanas na Serra do Mar do Paraná, conhecidas regionalmente como morros Capivari Grande (1.621 m.s.n.m.), Cerro Verde (1.652 m.s.n.m.) e Taipabuçu (1.709 m.s.n.m.) (Figura 1).

De acordo com a classificação climática de Koeppen, o clima da região é do tipo Cfb, subtropical sempre úmido, com verões frescos, geadas frequentes e sem estação seca definida (INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ, 1994). Na Serra do Mar, esse tipo climático tem sua ocorrência restrita a níveis altitudinais superiores aos 800 m s.n.m. (MAACK, 1968; BLUM, RODERJAN e GALVÃO, 2011).

Procurando reduzir os efeitos associados à influência do ambiente, a escolha das áreas seguiu algumas premissas: altitudes superiores a 1.500 m.s.n.m., evitando a contaminação de espécies da formação Montana; voltadas para a face continental da Serra do Mar e; mesmo embasamento geológico, no caso o granito Graciosa (MINEROPAR, 2001)(Figura 1).

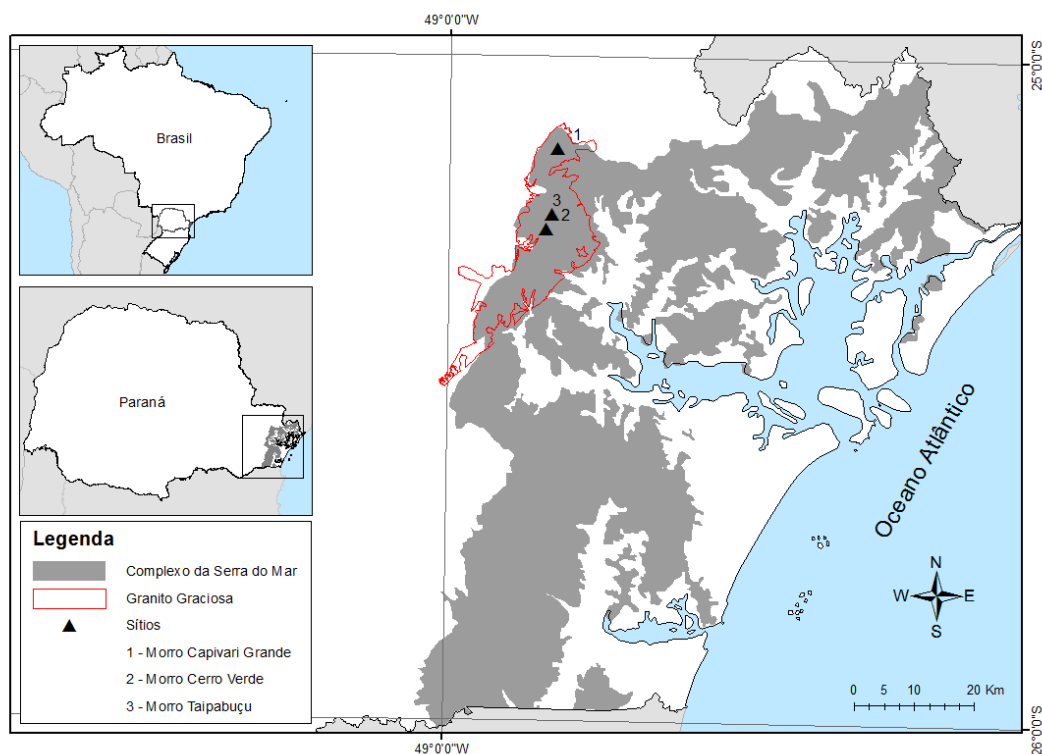


Figura 1 - Localização das áreas de estudo na Serra do Mar do estado do Paraná, destacando a ocorrência do Granito Graciosa. Fonte: MINEROPAR, 2001; ITCG, 2009.

Para cada área foram alocadas vinte unidades amostrais de 50 m² (5 x 10 m), sendo dez em florestas sobre encostas convergentes e outras dez em encostas divergentes, totalizando 500 m² por sítio amostral e 1.500 m² para cada tipo de encosta. Dentro de cada unidade amostral, foram identificados todos os indivíduos arbóreos com perímetro à altura do peito (PAP) igual ou superior a 10 cm.

A determinação das espécies foi realizada com o uso de chaves de identificação, comparação com material dos herbários Museu Botânico Municipal (MBM) e Escola de Florestas de Curitiba (EFC), e consulta a especialistas. Utilizou-se a classificação taxonômica proposta pelo *Angiosperm Phylogeny Group* (APG III, 2009) para o reconhecimento das famílias de angiospermas. O material de referência foi incorporado ao acervo do Herbário EFC.

A riqueza florística das encostas convergentes e divergentes foi comparada através da construção da curva média de espécies por unidade amostral e da curva de rarefação pelo número de indivíduos, ambas com base em 100 aleatorizações, sendo a riqueza observada comparada aos valores obtidos pelos estimadores de riqueza não paramétricos ICE, Chao 2 e Jackknife 2. Os cálculos foram realizados utilizando o software EstimateS 8.2.0 (COLWELL, 2006).

Para verificar a similaridade florística entre os componentes arbóreos de cada sítio foram calculados os índices de similaridade de Sørensen e realizada uma análise de agrupamentos com base em uma matriz de espécies por unidade amostral, contendo os dados de presença ou ausência daquelas com abundância superior a 10 indivíduos no cômputo geral. Tal análise foi realizada através do software STATISTICA 7, sendo o agrupamento construído pelo método de médias aritméticas não ponderadas (UPGMA) (VALENTIN, 2000), com a utilização do índice de Jaccard como medida métrica.

Uma análise TWINSpan (*Two-Way Indicator Species Analysis*) foi executada, objetivando agrupar as unidades amostrais de acordo com suas espécies mais representativas, sendo os grupos posteriormente submetidos a uma Análise de Espécies Indicadoras (INDVAL) para detecção das espécies que mais caracterizaram cada compartimento topográfico. Ambas as análises foram realizadas com o software PC – ORD 6 (MCCUNE e MEFFORD, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No total foram registradas 48 espécies arbóreas, distribuídas em 27 gêneros e 18 famílias botânicas, sendo uma pteridófita e as restantes angiospermas (Tabela 1). Em termos de riqueza florística, as famílias que mais se destacaram foram Myrtaceae (20 espécies e 7 gêneros), Melastomataceae (4 espécies e 2 gêneros), Aquifoliaceae (3 espécies e um gênero) e Lauraceae (3 espécies e um gênero). Asteraceae, Cunoniaceae, Symplocaceae e Winteraceae foram representadas por duas espécies cada e outras dez famílias por apenas uma.

Os números de espécies registradas nas encostas convergentes (37) e divergentes (40) podem ser considerados elevados quando comparados a outros estudos realizados no Paraná (RODERJAN, 1994; PORTES, GALVÃO e KOEHLER, 2001; KOEHLER, GALVÃO e LONGHI, 2002; SCHEER, CURCIO e Roderjan, 2011; VIEIRA, BLUM e Roderjan, 2014), porém inferiores ao verificado em florestas altomontanas no estados de Minas Gerais (FRANÇA e STEHMANN, 2004; MEIRELES, SHEPHERD e KINOSHITA, 2008) e em florestas mistas altomontanas de Santa Catarina (HIGUCHI *et al.*, 2013).

Tabela 1 - Relação das espécies registradas nos levantamentos fitossociológicos realizados em três áreas de Floresta Ombrófila Densa Altomontana na Serra do Mar do Paraná. Legenda: CON = encosta convergente; DIV = encosta divergente.

Família	Espécie	Encosta		Área			Voucher
		CON	DIV	Capivari	Taipabuçu	Cerro Verde	
PTERIDOPHYTA							
Cyatheaceae	<i>Cyathea</i> sp.	x			x	x	
ANGIOSPERMAE							
Aquifoliaceae	<i>Ilex chamaedryfolia</i> Reissek		x	x	x	x	RSV 776
	<i>Ilex microdonta</i> Reissek	x	x	x	x	x	RSV 302
	<i>Ilex paraguariensis</i> A.St.-Hil.	x		x			
Asteraceae	<i>Dasyphyllum spinescens</i> (Less.) Cabrera	x	x	x	x	x	
	<i>Piptocarpha</i> sp.	x		x		x	
Bignoniaceae	<i>Handroanthus catarinensis</i> (A.H.Gentry) S.Grose	x	x	x	x		
Cardiopteridaceae	<i>Citronella engleriana</i> (Loes.) R.A.Howard	x	x	x	x	x	
Clethraceae	<i>Clethra uleana</i> Sleumer		x	x	x	x	
Cunoniaceae	<i>Weinmannia discolor</i> Gardner	x				x	
	<i>Weinmannia humilis</i> Engl.	x	x	x	x	x	RSV 180
Lauraceae	<i>Ocotea porosa</i> (Nees & Mart.) Barroso	x	x	x	x	x	RSV 204
	<i>Ocotea tristis</i> (Nees & Mart.) Mez	x	x	x	x	x	RSV 441
	<i>Persea major</i> (Meisn.) L.E.Kopp		x		x		
Melastomataceae	<i>Leandra hatschbachii</i> Brade	x	x		x	x	RSV 620
	<i>Leandra quinquedentata</i> (DC.) Cogn.		x			x	RSV 672
	<i>Miconia lymanii</i> Wurdack		x		x		RSV 295
	<i>Miconia ramboi</i> Brade		x			x	RSV 452
Myrtaceae	<i>Blepharocalyx salicifolius</i> (Kunth) O.Berg	x	x		x		
	<i>Calyptranthes obovata</i> Kiaersk.	x	x	x	x	x	
	<i>Calyptranthes</i> sp.	x	x		x		
	<i>Eugenia neomyrtifolia</i> Sobral	x	x	x	x	x	
	<i>Eugenia sclerocalyx</i> D.Legrand	x	x	x	x	x	
	<i>Eugenia</i> sp.	x	x	x	x	x	
	<i>Myrceugenia franciscensis</i> (O.Berg) Landrum		x		x		RSV 435
	<i>Myrceugenia myrcioides</i> (Cambess.) O.Berg	x	x	x	x	x	
	<i>Myrceugenia ovata</i> (Hook. & Arn.) O.Berg		x	x			
	<i>Myrceugenia pilotantha</i> (Kiaersk.) Landrum	x		x		x	
	<i>Myrceugenia regnelliana</i> (O.Berg) D.Legrand & Kausel	x	x	x	x	x	
	<i>Myrceugenia seriatoramosa</i> (Kiaersk.) D.Legrand & Kausel	x	x	x	x		RSV 627
	<i>Myrcia guianensis</i> (Aubl.) DC.	x	x	x	x	x	RSV 587
	<i>Myrcia hartwegiana</i> (O.Berg) Kiaersk.		x	x	x		RSV 445
	<i>Myrcia pulchra</i> (O.Berg) Kiaersk.	x	x		x		
	<i>Myrciaria floribunda</i> (H. West ex Willd.) O.Berg	x		x	x	x	
	Myrtaceae 1	x	x	x			
	Myrtaceae 2	x		x			
	Myrtaceae 3	x			x		

Família	Espécie	Encosta		Área			Voucher
		CON	DIV	Capivari	Taipabuçu	Cerro Verde	
	<i>Siphoneugena reitzii</i> D.Legrand	x	x	x	x	x	RSV 473
Primulaceae	<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	x	x		x	x	
Proteaceae	<i>Roupala rhombifolia</i> Mart. ex Meisn.	x	x	x	x		
Rhamnaceae	<i>Rhamnus sphaerosperma</i> Sw.	x	x		x	x	RSV 602
Rosaceae	<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	x	x	x	x	x	
Symplocaceae	<i>Symplocos corymboclados</i> Brand	x	x	x		x	
	<i>Symplocos incrassata</i> Aranha		x	x		x	RSV 595
Theaceae	<i>Laplacea fruticosa</i> (Schrader.) Kobuski		x		x		RSV 451
Thymelaeaceae	<i>Daphnopsis fasciculata</i> (Meisn.) Nevling	x	x		x		
Winteraceae	<i>Drimys angustifolia</i> Miers	x	x	x		x	RSV 633
	<i>Drimys brasiliensis</i> Miers	x	x		x	x	RSV 599
TOTAL		37	40	31	36	31	

Uma elevada similaridade florística foi verificada entre as duas feições geomórficas, com aproximadamente 60% das espécies sendo compartilhadas. Oito espécies apresentaram ocorrência exclusiva nas encostas convergentes (*Cyathea* sp., *Ilex paraguariensis*, *Myrceugenia pilotantha*, Myrtaceae 2, Myrtaceae 3, *Piptocarpha* sp. e *Weinmannia discolor*), enquanto que onze espécies foram exclusivas de encostas divergentes (*Clethra uleana*, *Ilex chamaedryfolia*, *Laplacea fruticosa*, *Leandra quinquedentata*, *Miconia lymanii*, *Miconia ramboi*, *Myrceugenia franciscensis*, *Myrceugenia ovata*, *Myrcia hartwegiana*, *Persea major* e *Symplocos incrassata*) (Tabela 1).

As curvas médias de espécies por unidade amostral (Figura 2A) apresentaram comportamentos semelhantes, sendo as maiores riquezas verificadas para a encosta divergente, porém, sem nenhuma das curvas atingindo o ponto de assíntota.

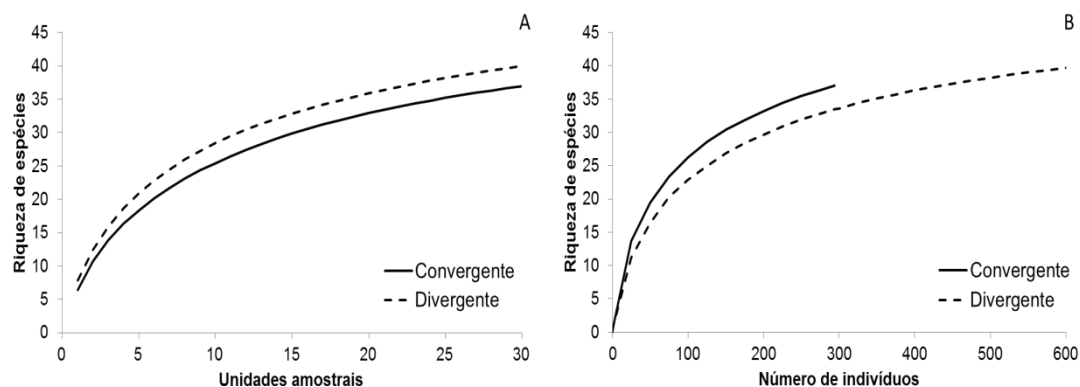


Figura 2 – Curvas médias de espécies por unidade amostral (A) e curvas de rarefação por número de indivíduos (B) referentes a levantamento fitossociológico em três áreas de Floresta Ombrófila Densa Altomontana na Serra do Mar do Paraná.

Por outro lado, quando analisadas pelo número de indivíduos as curvas assumem comportamentos inversos (Figura 2B), demonstrando que sob o mesmo esforço amostral ($n = 294$ indivíduos) a maior riqueza passa a ser observada na encosta convergente ($n = 37$), enquanto para a encosta divergente ainda restam 15% das espécies para serem registradas.

Sob os critérios dos estimadores de riquezas não paramétricos (ICE, Chao 2 e Jackknife 2), tanto as encostas convergentes como as divergentes tiveram suas riquezas subestimadas, sendo os valores mais próximos verificados por Chao 2 (43 e 46 espécies, respectivamente), enquanto que as maiores riquezas foram verificadas para o estimador Jackknife 2 (51 e 54 espécies, respectivamente) (Figura 3). O comportamento assumido pelos estimadores demonstrou forte semelhança entre os dois tipos de encostas, sendo os maiores erros verificados para o estimador Chao 2. Cabe ressaltar que, assim como descrito por Colwell *et al.* (2004), as estimativas obtidas através dos estimadores não correspondem ao número de espécies real esperado para a comunidade, mas sim a riqueza mínima esperada.

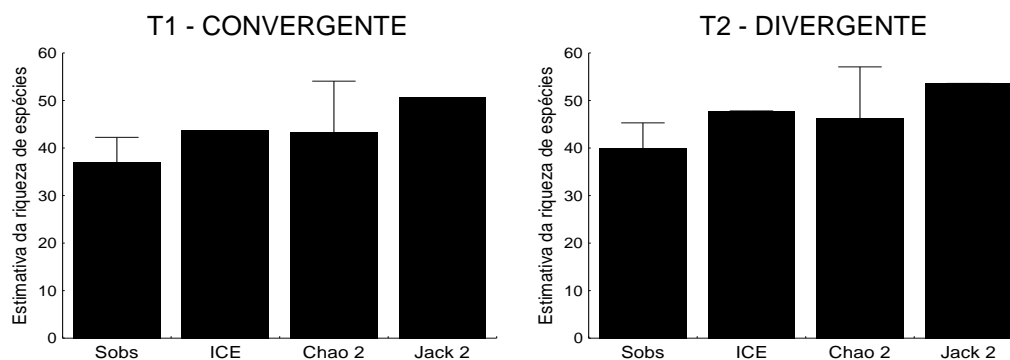


Figura 3 - Comparação dos estimadores de riqueza (média \pm IC) para o conjunto de amostras realizadas em encostas convergentes (A) e divergentes (B) na Serra do Mar do Paraná.

Os índices de Sørensen demonstraram uma alta similaridade florística entre os sítios, com a maioria dos resultados sendo superior a 0,5 (FELFILI e VENTUROLI, 2000). Os maiores índices foram registrados entre os sítios analisados nas encostas convergentes dos morros Capivari Grande e Taipabuçu (0,71) e, pelos dois sítios analisados no morro Cerro Verde (0,69). Valores abaixo de 0,5 foram registrados apenas em comparações envolvendo o sítio das encostas divergentes do morro Taipabuçu, com os sítios analisados nas encostas convergentes dos morros Capivari Grande (0,44) e Cerro Verde (0,44) e, na encosta convergente do morro Cerro Verde (0,46).

A análise de agrupamentos revelou uma tendência de aproximação dos sítios submetidos a mesma condição topográfica, por outro lado, a elevada similaridade florística entre os sítios analisados no morro Cerro Verde foram preponderantes na construção final do dendrograma (Figura 4). Estes dois sítios compartilharam 19 espécies sendo quatro exclusivas (*Blepharocalyx salicifolius*, *Calypttranthes* sp., *Daphnopsis fasciculata* e *Myrcia pulchra*) neste sítio, valendo destacar que já foram registradas em outras florestas altomontanas do Paraná (RODERJAN, 1994; ROCHA, 1999; PORTES, GALVÃO e KOEHLER, 2001; KOEHLER, GALVÃO e LONGHI, 2002; SCHEER, CURCIO e RODERJAN, 2011), inclusive no próprio morro Capivari Grande (VIEIRA, BLUM e RODERJAN, 2014).

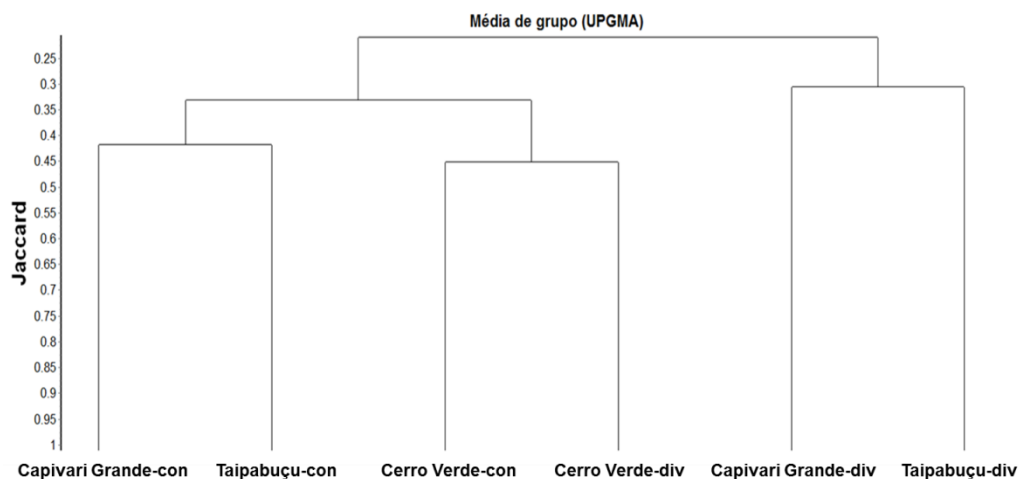


Figura 4 - Dendrograma resultante da análise de agrupamento pelo método UPGMA com a utilização do índice de Jaccard como medida de distância, baseado na presença ou ausência das espécies arbóreas em seis sítios de Floresta Ombrófila Densa Altomontana no Paraná (con – encosta convergente; div – encosta divergente).

Um segundo agrupamento foi verificado entre os sítios das encostas convergentes dos morros Capivari Grande e Taipabuçu, os quais compartilharam 16 espécies, incluindo algumas exclusivas como *Myrceugenia pilotantha* e *Piptocarpha* sp. Nas encostas divergentes estes dois morros compartilharam 12 espécies, onde apenas *Symplocos incrassata* foi exclusiva do primeiro. Sua ocorrência já havia sido citada para as florestas altomontanas do Paraná (SCHEER, CURCIO e RODERJAN, 2011), chegando inclusive a ocupar o segundo lugar em importância sociológica na serra do Capivari (VIEIRA, BLUM e RODERJAN, 2014).

Mesmo se tratando de uma comunidade relativamente homogênea, a análise TWINSPLAN confirmou a tendência de agrupamento dos sítios verificada no dendrograma da Figura 4, com as três primeiras divisões apresentando autovalores > 0,3, limite considerado como significativo para análises que envolvem vegetação conforme Felfili *et al.* (2007).

Assim como verificado na Figura 5, na Divisão 1 foi observada a segregação das parcelas alocadas nas encostas convergentes (GRUPO 1 - parcelas de 1 a 30) do conjunto de parcelas alocadas nas encostas divergentes (GRUPO 2 - parcelas de 31 a 60), onde apenas as parcelas 2, 46 e 47 apresentaram comportamentos diferenciados em relação aos seus conjuntos amostrais. *Ilex microdonta* e *Myrceugenia regnelliana* aparecem nesta divisão como espécies preferenciais para os grupos de encostas divergentes (GRUPO 2) e convergentes (GRUPO 1), respectivamente.

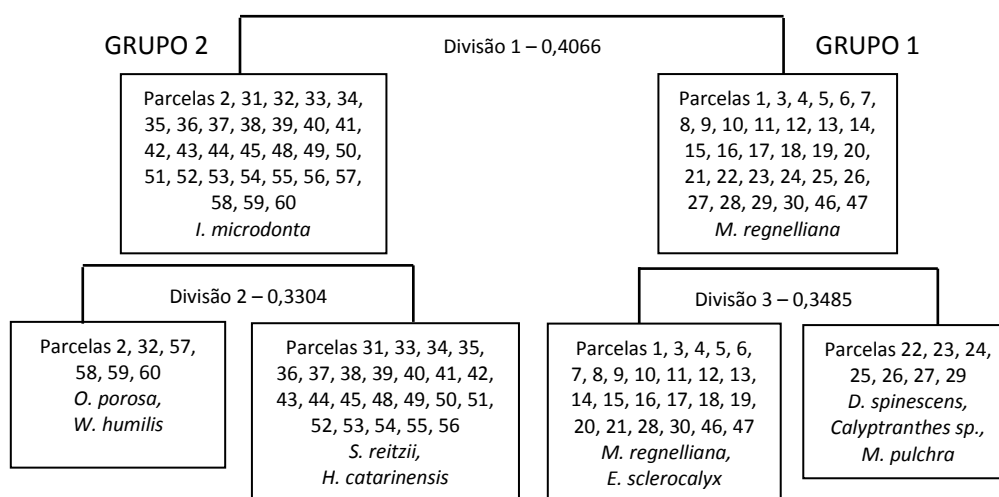


Figura 5 - Classificação (TWINSpan) das unidades amostrais em dois grupos, caracterizando os agrupamentos entre florestas altomontanas localizadas em encostas convergentes e divergentes na Serra do Mar do Paraná.

A Divisão 2 evidenciou o motivo do agrupamento da parcela nº 2 ao GRUPO 2, associado à presença de *Weinmannia humilis*, espécie mais comum nas unidades amostrais sobre encostas divergentes. Também foi observado que a ausência de *Siphoneugena reitzii* e *Handroanthus catarinensis*, espécies típicas das florestas de altitude do Paraná (RODERJAN, 1994; ROCHA, 1999; PORTES, GALVÃO e KOEHLER, 2001; KOEHLER, GALVÃO e LONGHI, 2002; SCHEER, CURCIO e RODERJAN, 2011; VIEIRA, BLUM e RODERJAN, 2014), implicou em uma nova separação deste conjunto amostral agrupando a parcela nº 2 a um pequeno grupo, constituído principalmente por parcelas alocadas nas encostas divergentes do morro Taipabuçu.

De forma análoga, a ocorrência das parcelas 46 e 47 no GRUPO 1 foram associadas à presença de *Myrceugenia regnelliana* na primeira e ausência de *I. microdonta* na segunda, sendo esta a única unidade amostral em encosta divergente onde esta espécie não foi registrada (Figura 5).

O agrupamento das unidades amostrais possibilitou a execução de uma Análise de Espécies Indicadoras (INDVAL), permitindo a identificação de quais espécies mais caracterizaram as comunidades sobre encostas convergentes e divergentes das florestas altomontanas analisadas. Do total de espécies registradas, 25% apresentaram distribuições significativas ($p < 0,05$) para o teste de “Monte Carlo” e encontram-se listadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Valores do INDVAL e probabilidade do teste de Monte Carlo para as espécies indicadoras de encostas convergentes (GRUPO 1) e divergentes (GRUPO 2) da Floresta Ombrófila Densa Altomontana do Paraná.

Espécie	Grupo	INDVAL	Desvio padrão	Valor de p
<i>Myrceugenia regnelliana</i>	1	61,2	4,52	0,001**
<i>Calyptanthus obovata</i>	1	46,1	4,55	0,001**
<i>Eugenia sclerocalyx</i>	1	31,6	4,36	0,021*
<i>Myrceugenia myrcioides</i>	1	29,7	4,24	0,048*
<i>Dasyphyllum spinescens</i>	1	19,6	3,55	0,047*
<i>Ilex microdonta</i>	2	83,8	4,46	0,001**
<i>Siphoneugena reitzii</i>	2	51,0	4,22	0,017*
<i>Handroanthus catarinensis</i>	2	40,2	4,33	0,003**
<i>Ilex chamaedryfolia</i>	2	37,9	3,79	0,001**
<i>Ocotea tristis</i>	2	29,0	4,31	0,014*
<i>Drimys angustifolia</i>	2	28,1	3,94	0,008**
<i>Clethra uleana</i>	2	17,2	2,82	0,018*

* Valores diferem estatisticamente para o teste Monte Carlo a 95% de probabilidade.

** Valores diferem estatisticamente para o teste Monte Carlo a 99% de probabilidade.

Para as encostas convergentes (GRUPO 1), o grupo de espécies indicadoras foi destacado pela grande representatividade da família Myrtaceae, com suas espécies apresentando os quatro maiores valores de indicação (VIn) (Tabela 2). Em primeiro lugar se destacou *Myrceugenia regnelliana*. Apesar de também ocorrer sobre as encostas divergentes, esta espécie demonstrou ocorrência preferencial no subosque das florestas sobre encostas convergentes, formando um segundo estrato florestal juntamente com outras Myrtaceae como *Eugenia sclerocalyx* e *Myrceugenia myrcioides*, também consideradas como indicadoras desta condição topográfica.

No dossel das florestas sobre encostas convergentes, *Calyptanthus obovata* se destacou com o segundo maior VIn sendo que, assim como as demais, também foi registrada sobre as encostas divergentes, porém com representatividade significativamente inferior. Fechando o grupo das espécies indicadoras de encostas convergentes, *Dasyphyllum spinescens* (Asteraceae) apareceu com o menor VIn (Tabela 2).

Dentre as espécies indicadoras de encostas convergentes, apenas *E. sclerocalyx* já havia sido registrada em estudos fitossociológicos no Estado (ROCHA, 1999; SCHEER, CURCIO e RODERJAN, 2011), apesar de todas as espécies, com exceção de

M. regnelliana, estarem citadas na lista apresentada por Scheer e Mocochinski (2009). Com base nisso, podemos inferir que grande parte dos estudos realizados nas florestas altomontanas paranaenses não abrangeram esta condição topográfica na amostragem.

Por outro lado, no grupo de indicadoras das encostas divergentes (GRUPO 2) predominaram espécies comumente citadas em estudos no Paraná, com *Ilex microdonta* aparecendo em primeiro lugar com o maior VIn de toda análise (Tabela 2). Predominante sobre as florestas altomontanas paranaenses (RODERJAN, 1994; PORTES, GALVÃO e KOEHLER, 2001; KOEHLER, GALVÃO e LONGHI, 2002; SCHEER, CURCIO e Roderjan, 2011; VIEIRA, BLUM e Roderjan, 2014), esta espécie foi registrada nos dois compartimentos topográficos, porém, demonstrou grande preferência para encostas divergentes, onde foram registrados mais de 95% de seus indivíduos (n = 183) que ocorreram em 97% das unidades amostrais, enquanto que nas encostas convergentes foi registrada em apenas seis unidades amostrais.

Outra espécie que também se destacou no GRUPO 2 foi *Siphoneugena reitzii*, com o segundo maior VIn. Apesar de também apresentar alta representatividade sobre as unidades amostrais das encostas convergentes, esta espécie demonstrou maior preferência pelas encostas divergentes onde ocorreu em 86,6% das unidades amostrais. Assim como destacado por Scheer, Curcio e Roderjan (2011) e Vieira, Blum e Roderjan (2014), a grande expressividade de *I. microdonta* e *S. reitzii* associada a algumas características estruturais peculiares, são indicativos da ocorrência da formação altomontana na Serra do Mar do Paraná e, conforme demonstrado no presente estudo, caracterizam comunidades que se desenvolvem sobre encostas divergentes.

Ainda no grupo das espécies indicadoras do GRUPO 2, *Handroanthus catarinensis* e *Ilex chamaedryfolia* apareceram na terceira e quarta colocação, com valores de indicação relativamente altos quando comparados às demais espécies, inclusive em comparação com *Drimys angustifolia*, a qual apresentou valores significativos ao nível de 99% de probabilidade para o teste de “Monte Carlo”-(Tabela 2). Diferenças significativas também foram registradas para *Ocotea tristis* e *Clethra uleana*, formando juntamente com as espécies supracitadas, o conjunto de espécies indicadoras das encostas divergentes.

Diferentemente da feição topográfica anterior, sobre as encostas divergentes o conjunto florístico foi constituído por espécies comumente citadas em outras análises fitossociológicas desenvolvidas na Serra do Mar (RODERJAN, 1994; PORTES,

GALVÃO e KOEHLER, 2001; KOEHLER, GALVÃO e LONGHI, 2002; SCHEER, CURCIO e RODERJAN, 2011; VIEIRA, BLUM e RODERJAN, 2014) indicando a possibilidade de que grande parte destes estudos investigou o componente estrutural de florestas localizadas sobre feições divergentes.

Quando analisadas sobre fundos de vales, as florestas altomontanas tendem a apresentar diferenças florísticas e estruturais distintas daquelas localizadas em outra condição topográfica, conforme verificado por Rocha (1999) e Koehler, Galvão e Longhi (2002) nos morros Marumbi e Araçatuba, respectivamente e corroborado em análises posteriores realizadas por Scheer, Curcio e Roderjan (2011) e Vieira, Blum e Roderjan (2014).

CONCLUSÕES

Myrtaceae foi a família com o maior número de espécies registradas não somente na soma total, como também em cada feição geomórfica. Outras famílias como Melastomataceae, Lauraceae e Aquifoliaceae também se destacaram, porém com riquezas consideravelmente inferiores.

Apesar de não exercer influência direta sobre a riqueza de espécies, os tipos de encostas apresentaram composições florísticas diferenciadas sendo que, mesmo constituídas por um conjunto relativamente homogêneo, apresentaram variações em resposta da especificidade de suas espécies predominantes em relação à variação de ambientes.

A ocorrência de espécies exclusivas nas duas condições geomórficas evidencia a diferenciação florística entre as duas encostas analisadas, ocasionadas pela mudança nas condições ambientais de acordo com a condição geomórfica.

Encostas convergentes apresentaram dentro de seu conjunto de espécies indicadoras *Myrceugenia regnelliana*, *Calyptanthus obovata*, *Eugenia sclerocalyx*, *Myrceugenia myrcioides* e *Dasyphyllum spinescens*. Para encostas divergentes, o conjunto de espécies indicadoras incluiu *Ilex microdonta*, *Siphoneugena reitzii*, *Handroanthus catarinensis*, *Ilex chamaedryfolia*, *Ocotea tristis*, *Drimys angustifolia* e *Clethra uleana*.

A julgar pelo conjunto de indicadoras evidenciado na presente análise, infere-se que a maioria dos estudos realizados em florestas altomontanas no Paraná abrangeu comunidades de encostas divergentes.

REFERÊNCIAS

- ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society**, Londres, v. 161, p. 105 - 121, 2009.
- BLUM, C. T.; RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F. O clima e sua influência na distribuição da Floresta Ombrófila Densa na serra da Prata, Morretes, Paraná. **Floresta**, Curitiba, v. 41, p. 589 - 598, 2011.
- COLWELL, R.K. 2006. **EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples**. Version 8. Disponível em: <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates/>.
- DOUMENGE, C.; GILMOR, D.; PEREZ, M. R.; BLOCKHUS, J. Tropical Montane Cloud Forests: conservation status and management issues. In: HAMILTON, L. S.; JUVIK, J. O.; SCATENA, F. N. **Tropical montane cloud forests**. New York, 1995. p. 24 - 37.
- FELFILI, J. M; VENTUROLI, F. Tópicos em análise de vegetação. **Comunicações técnicas florestais**, Brasília, v.2 n.2, 34 p. 2000.
- FELFILI, J.M. CARVALHO, F.A.; VENTUROLI, F.; PEREIRA, B.A.S. Análise multivariada em estudos de vegetação. **Comunicações técnicas florestais**, v 9, n. 1. Brasília: Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Florestal. 2007. 60 p.
- FRANÇA, G. S.; STEHMANN, J. R. Composição florística e estrutura do componente arbóreo de uma floresta altimontana no município de Camanducaia, Minas Gerais, **Brasil. Revista Brasileira de Botânica**, v 27, n. 1. 2004. , p. 19 – 30.
- HIGUCHI, P.; SILVA, A. C.; ALMEIDA, J. A.; BORTOLUZZI, R. L. C.; MANTOVANI, A.; FERREIRA, T. S.; SOUZA, S. T.; GOMES, J. P.; SILVA, K. M. Florística e estrutura do componente arbóreo e análise ambiental de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Alto-montana no município de Paineira, SC. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 1. 2013. p. 153 – 164.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. v.2. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 275 p.
- INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Cartas climáticas do estado do Paraná**. IAPAR. Documento, 18. Londrina, PR, Brasil. 49 p. 1994.

INSTITUTO DE TERRAS CARTOGRAFIA E GEOCIÊNCIAS – ITCG. **Mapa das Formações Fitogeográficas do Estado do Paraná.** 2009. Disponível em: <http://www.itcg.pr.gov.br>. Acesso em: mar/2015.

KOEHLER, A.; GALVÃO, F.; LONGHI, S. J. Floresta Ombrófila Densa Altomontana: Aspectos florísticos e estruturais de diferentes trechos na serra do Mar, PR. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 2, p. 27 - 39, 2002.

MAACK, R. Geografia física do estado do Paraná. Curitiba: M. Roesner, 1968. 350 p.

MCCUNE, B.; MEFFORD, M.J. 2011. **PC – ORD**. Multivariate Analysis of Ecological Data. Version 6. MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, U.S.A.

MEIRELES, L. D.; SHEPHERD, G. J.; KINOSHITA, L. S. Variações na composição florística e na estrutura fitossociológica de uma Floresta Ombrófila Densa Alto-montana na Serra da Mantiqueira, Monte Verde, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, v 31, n. 4. 2008. , p. 559 - 574.

MINEROPAR. Minerais do Paraná, 2001. **Atlas Geológico do Estado do Paraná - Escala base 1: 500.000;** Curitiba, 210p. Disponível em: <http://www.mineropar.pr.gov.br/arquivos/File/MapasPDF/atlasgeo.pdf>. Acesso em: 05/09/2015.

PORTES, M. C. G. de O.; GALVÃO, F.; KOEHLER, A. Caracterização florística e estrutural de uma Floresta Ombrófila Densa Altomontana do morro do Anhangava, Quatro Barras, PR. **Floresta**, Curitiba, v. 31, n. 1/2, p. 9 - 18, 2001.

ROCHA, M. do R. L. Caracterização fitossociológica e pedológica de uma Floresta Ombrófila Densa Altomontana no Parque Estadual Pico do Marumbi, Morretes, PR. 81 f. **Dissertação** – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999.

RODERJAN, C. V. A Floresta Ombrófila Densa Altomontana do morro do Anhangava, Quatro Barras, PR - Aspectos climáticos, pedológicos e fitossociológicos. 119 f. **Tese** (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1994.

RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; HATSCHBACH, G. G. As unidades fitogeográficas do estado do Paraná, Brasil. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 13, n. 24, p. 75 - 92, 2002.

SCHEER, M. B.; MOCOCHINSKI, A. Y.. Florística vascular da Floresta Ombrófila Densa Altomontana de quatro serras no Paraná. **Biota Neotropica**, v. 9, n. 2, p. 51-70, 2009.

SCHEER, M. B.; MOCOCHINSKI, A. Y.; RODERJAN, C. V. Estrutura arbórea da Floresta Ombrófila Densa Altomontana de serras do Sul do Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, Feira de Santana, v. 25, n. 4, p. 735 - 750, 2011.

STADTMÜLLER, T. **Cloud Forests in the Humid Tropics - A Bibliographic Review**. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). The United Nations University. 1987.

VALENTIN, J. L. Ecologia numérica: uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos. **Interciência**, Rio de Janeiro, 2000.

VIEIRA, R.S.; BLUM, C.T.; RODERJAN, C.V. Caracterização florística e estrutural de uma Floresta Ombrófila Densa Altomontana na serra do Capivari, Campina Grande do Sul, Paraná. **Floresta**, Curitiba, v. 44, n. 4, p.565 - 576, 2014.

CAPÍTULO III

CARACTERIZAÇÃO FITOSSOCIOLÓGICA DE DOIS TIPOS DE ENCOSTAS EM FLORESTA OMBRÓFILA Densa ALTOMONTANA NA SERRA DO MAR DO PARANÁ – BRASIL

RESUMO

Este trabalho teve como objetivos caracterizar a estrutura sociológica em trechos de florestas altomontanas submetidas a diferentes condições topográficas. Foram analisadas três áreas com florestas altomontanas na Serra do Mar paranaense (morros Capivari Grande, Cerro Verde e Taipabuçu), nas quais foram alocadas 20 parcelas de 5 x 10 m² cada, sendo 10 sobre encostas convergentes e 10 sobre encostas divergentes. Em cada sítio foram identificadas todas as árvores com perímetro à altura do peito ≥ 10 cm. Uma grande homogeneidade foi verificada entre os sítios localizados sobre encostas convergentes, os quais não apresentaram diferenças significativas para o teste de Tukey ($p > 0,05$) para nenhum parâmetro estrutural. Dentre as espécies de maior importância nas encostas convergentes destacaram-se *Ocotea porosa*, *Myrceugenia regnelliana*, *Calypttranthes obovata*, *Myrcia guianensis* e *Myrceugenia seriatoramosa*. Já para encostas divergentes, uma maior heterogeneidade foi verificada entre os parâmetros estruturais analisados, onde somente área basal não apresentou diferenças significativas. Por outro lado, os sítios demonstraram alta similaridade sociológica, sendo o grupo predominante formado pelas mesmas espécies, com *Ilex microdonta* e *Siphoneugena reitzii* predominando nos três sítios. *Drimys angustifolia*, *Handroanthus catarinensis* e *Myrcia guianensis* também se destacaram estruturalmente em todos os sítios analisados sobre encostas divergentes. Análises de agrupamentos confirmaram a diferenciação sociológica entre os sítios, demonstrando a existência de padrões sociológicos distintos para cada tipo de encosta.

Palavras chave: Estrutura sociológica, floresta nebulosa, tipos de encosta

ABSTRACT

This study aimed to characterize the sociological structure of altomontane forest sites subjected to different topographic conditions. Three areas were analyzed (hills Capivari Grande, Cerro Verde and Taipabuçu), in which 20 plots of 5 x 10 m² were allocated in

each hill, 10 on convergent slopes and 10 on divergent slopes. At each site were registered all the trees with circumference at breast height ≥ 10 cm. A great homogeneity was observed between sites located on convergent slopes, which showed no significant differences in the Tukey test ($p > 0.05$), for any structural parameter. Among the most important species in the convergent slopes stood out *Ocotea porosa*, *Myrceugenia regnelliana*, *Calyptranthes obovata*, *Myrcia guianensis* and *Myrceugenia seriatoramosa*. For divergent slopes a greater heterogeneity was observed in the structural parameters, of which only basal area showed no significant differences. On the other hand, the sites showed a high similarity in sociological importance of species, with the predominance of *Ilex microdonta* and *Siphoneugena reitzii* in the three sites. *Drimys angustifolia*, *Handroanthus catarinensis* and *Myrcia guianensis* also stood out structurally in all sites on divergent slopes. The cluster analysis confirmed the sociological differentiation between sites, demonstrating the existence of different sociological patterns influenced by topographic condition.

Keywords: Sociological structure, cloud forest, slope forms

INTRODUÇÃO

Florestas altomontanas são comunidades vegetais que ocorrem no alto das montanhas, classificadas como Floresta Ombrófila Densa Altomontana pelo Manual Técnico da Vegetação Brasileira (IBGE, 2012). No Paraná, são encontradas ocorrendo de forma disjunta sobre as maiores elevações da Serra do Mar, geralmente em altitudes superiores aos 1.200 m.s.n.m. (RODERJAN *et al.*, 2002).

Influenciadas diretamente pelas restritivas condições ambientais existentes em grandes altitudes, as florestas altomontanas apresentam padrões florísticos e estruturais singulares que as diferenciam de qualquer outra unidade florestal existente no bioma Mata Atlântica. Trata-se de uma comunidade caracterizada por uma alta densidade indivíduos arbóreos, que formam um único estrato raramente superior a oito metros de altura, com fustes retorcidos e cobertos por um abundante epifitismo avascular (DOUMENGE *et al.*, 1995; RODERJAN, 1994).

O predomínio estrutural de poucas espécies é observado em todos os estudos desenvolvidos no Paraná, podendo em alguns casos as cinco principais atingirem mais de 50% dos valores de densidade e até 80% da dominância (ROCHA, 1999; KOEHLER, GALVÃO e LONGHI, 2002; SCHEER, CURCIO e RODERJAN, 2011;

VIEIRA, BLUM e RODERJAN, 2014), ou mesmo apenas a espécie principal ser responsável por mais da metade do valor correspondente para esta última variável, conforme verificado por Roderjan (1994) e Koehler, Galvão e Longhi (2002).

O conhecimento sociológico das comunidades vegetais fornece importantes informações a respeito da quantificação das espécies no ecossistema, bem como suas distribuições e influências sobre a dinâmica da comunidade (FREITAS e MAGALHÃES, 2012), fornecendo subsídios para eventuais programas ou ações que visem sua conservação ou preservação (CHAVES *et al.*, 2013).

Nas últimas décadas, um grande número de estudos foi desenvolvido nas florestas altomontanas da Serra do Mar, com sua grande maioria tendo como foco a estrutura sociológica destas comunidades (RODERJAN, 1994; ROCHA, 1999; PORTES, GALVÃO e KOEHLER, 2001; KOEHLER, GALVÃO e LONGHI, 2002; SCHEER, CURCIO e RODERJAN, 2011; VIEIRA, BLUM e RODERJAN, 2014).

Apesar dos resultados demonstrarem uma comunidade relativamente homogênea, diferenças florísticas e estruturais são observadas, sendo associadas por Scheer *et al.* (2011) à grande variabilidade de ambientes existente na Serra do Mar. Considerando que a topografia seja um importante fator causador da variabilidade ambiental, este trabalho teve como objetivos caracterizar a estrutura sociológica de florestas altomontanas localizadas em encostas convergentes e divergentes, procurando detectar a existência de padrões sociológicos entre as espécies, quando submetidas a diferentes condições geomórficas.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram amostrados três sítios de florestas altomontanas localizados em diferentes blocos graníticos que integram o Complexo da Serra do Mar no Paraná, conhecidos regionalmente como morros Capivari Grande (1.621 m.s.n.m.), Cerro Verde (1.652 m.s.n.m.) e Taipabuçu (1.709 m.s.n.m). A escolha dos sítios levou em consideração a presença de florestas com características típicas da Floresta Ombrófila Densa Altomontana ocorrendo sobre a face continental da Serra do Mar, em altitudes superiores aos 1.500 metros e situadas sobre a mesma unidade pedológica, no caso o Granito Graciosa (MINEROPAR, 2001) (Figura 1).

De acordo com a classificação climática de Koeppen, o clima da região é do tipo Cfb, subtropical sempre úmido, com verões frescos, geadas frequentes e sem estação

seca definida (INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ, 1994), o qual tem sua ocorrência restrita aos níveis altitudinais superiores aos 800 m s.n.m. (MAACK, 1968; RODERJAN, 1994; BLUM, RODERJAN e GALVÃO, 2011).

Para cada área foram alocadas vinte unidades amostrais de 50 m² (5 x 10 m), sendo dez em florestas sobre encostas convergentes e as outras dez em encostas divergentes, totalizando 500 m² por sítio amostral, que somados representaram 1.500 m² para cada tipo de encosta. Dentro de cada unidade amostral foram identificados todos os indivíduos arbóreos com perímetro à altura do peito (PAP) igual ou superior a 10 cm ($DAP \geq 3,18$ cm).

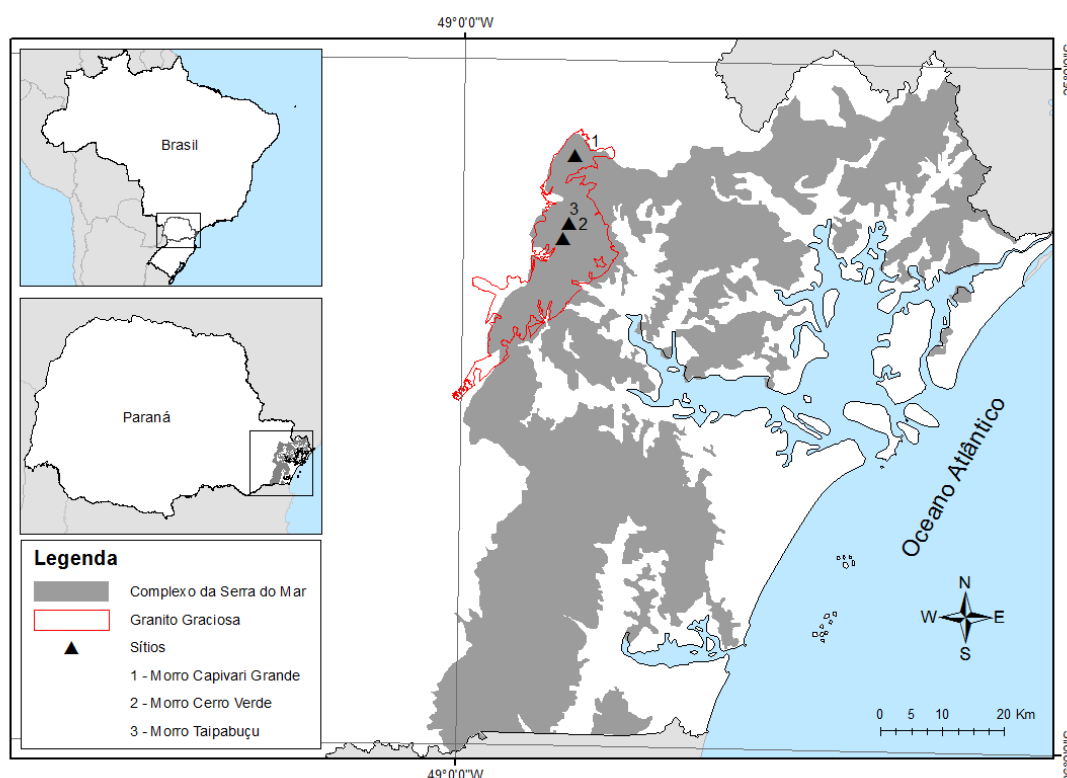


Figura 1 - Localização das áreas de estudo na Serra do Mar do estado do Paraná, destacando a ocorrência do Granito Graciosa. Fonte: MINEROPAR, 2001; ITCG, 2009.

A determinação das espécies foi realizada com o uso de chaves de identificação, comparação com material dos herbários Museu Botânico Municipal (MBM) e Escola de Florestas Curitiba (EFC) e consultas a especialistas. Utilizou-se a classificação taxonômica proposta pelo *Angiosperm Phylogeny Group* (APG III, 2009) para o reconhecimento das famílias de angiospermas. O material de referência foi incorporado ao acervo do Herbário EFC.

Os dados coletados foram processados usando-se o programa FITOPAC II (SHEPHERD, 2010), para cálculo dos parâmetros fitossociológicos, conforme descrito

por Daubenmire (1968) e Mueller-Dombois e Ellenberg (1974). Foram calculados os índices de diversidade de Shannon (H') e de Equabilidade de Pielou (J'), conforme Magurran (1988).

Para verificar a similaridade estrutural entre os sítios analisados em cada tipo de encosta, foram realizadas análises de agrupamento com base nos parâmetros sociológicos de densidade, dominância, frequência e percentual de importância, das espécies com abundância superior a 10 indivíduos no cálculo geral, sendo o agrupamento construído pelo método de médias aritméticas não ponderadas (UPGMA) e com a utilização do índice de Jaccard como medida métrica (VALENTIN, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização fitossociológica de Floresta Ombrófila Densa Altomontana sobre encostas convergentes

Morro Capivari Grande

Foram registrados 112 indivíduos arbóreos ($DAP \geq 3,18$ cm) distribuídos em 22 espécies, 14 gêneros e 8 famílias botânicas (Tabela 1). Myrtaceae foi a família que mais se destacou, com a maior riqueza (doze espécies e cinco gêneros) e número de indivíduos ($n = 87$), contribuindo com mais de 70% da população. Lauraceae, Aquifoliaceae e Asteraceae foram representadas por duas espécies cada e o restante das famílias por apenas uma espécie.

Dentre os três sítios analisados sobre encostas convergentes, o morro Capivari Grande foi o que apresentou os menores valores para o índice de diversidade de Shannon – Wiener ($H' = 2,51$) e equabilidade de Pielou ($J' = 0,81$), porém com valor dentro dos padrões comuns registrados em outros estudos na Serra do Mar (KOEHLER, GALVÃO e LONGHI, 2002; SCHEER, CURCIO e RODERJAN, 2011; VIEIRA, BLUM e RODERJAN, 2014).

O predomínio estrutural de poucas espécies foi confirmado, com as cinco principais representando mais de 68% do percentual de importância (PI), sendo o maior destaque verificado para *Ocotea porosa* (Lauraceae) que, mesmo não apresentando os maiores valores de densidade e frequência, contribuiu com aproximadamente 30% da dominância, somando 17,3% do percentual de importância (PI) (Tabela 1). Autores como Rocha (1999) e Koehler, Galvão e Longhi (2002) também registraram altos valores de importância referentes a *O. porosa*, classificadas na ocasião como *O.*

catharinensis (BROTTO, CERVI e SANTOS, 2013) nas serras do Marumbi e Araçatuba, valendo destacar que nas duas ocasiões as florestas encontravam-se localizadas em fundos de vales.

Tabela 1 - Parâmetros fitossociológicos das espécies arbóreas amostradas em encostas convergentes na Floresta Ombrófila Densa Altomontana do morro Capivari Grande, Serra do Mar, Paraná.
Legenda: DA: densidade absoluta; DR: densidade relativa; DoA: dominância absoluta; DoR: dominância relativa; FA: frequência absoluta; PI: porcentagem de importância.

Espécies	DA (ind/ha)	DR (%)	DoA (m²/ha)	DoR (%)	FA (%)	FR (%)	PI (%)
<i>Ocotea porosa</i>	260,0	11,6	15,3	29,7	70,0	10,5	17,3
<i>Myrceugenia regnelliana</i>	440,0	19,6	1,8	3,5	90,0	13,4	12,2
<i>Calyptranthes obovata</i>	300,0	13,4	6,1	11,9	70,0	10,5	11,9
<i>Myrcia guianensis</i>	200,0	8,9	9,8	19,0	40,0	6,0	11,3
<i>Myrceugenia myrcioides</i>	360,0	16,1	1,6	3,1	80,0	11,9	10,4
<i>Siphoneugena reitzii</i>	80,0	3,6	3,1	6,0	40,0	6,0	5,2
<i>Eugenia sclerocalyx</i>	120,0	5,4	1,3	2,4	40,0	6,0	4,6
Myrtaceae 2	60,0	2,7	2,5	4,8	30,0	4,5	4,0
<i>Myrceugenia pilotantha</i>	80,0	3,6	0,5	0,9	40,0	6,0	3,5
<i>Ilex microdonta</i>	40,0	1,8	2,0	3,9	20,0	3,0	2,9
<i>Prunus myrtifolia</i>	40,0	1,8	1,9	3,7	20,0	3,0	2,8
<i>Citronella engleriana</i>	40,0	1,8	1,1	2,1	20,0	3,0	2,3
<i>Eugenia</i> sp.	40,0	1,8	0,4	0,8	20,0	3,0	1,9
<i>Eugenia neomyrtifolia</i>	20,0	0,9	1,4	2,8	10,0	1,5	1,7
<i>Symplocos corymboclados</i>	20,0	0,9	1,1	2,1	10,0	1,5	1,5
<i>Ocotea tristis</i>	20,0	0,9	0,7	1,4	10,0	1,5	1,2
<i>Piptocarpha</i> sp.	20,0	0,9	0,3	0,5	10,0	1,5	1,0
Myrtaceae 1	20,0	0,9	0,2	0,4	10,0	1,5	0,9
<i>Myrciaria floribunda</i>	20,0	0,9	0,2	0,4	10,0	1,5	0,9
<i>Ilex paraguariensis</i>	20,0	0,9	0,2	0,3	10,0	1,5	0,9
<i>Dasyphyllum spinescens</i>	20,0	0,9	0,1	0,2	10,0	1,5	0,9
<i>Handroanthus catarinensis</i>	20,0	0,9	0,1	0,2	10,0	1,5	0,9
TOTAL	2.240	100,0	51,5	100,0	-	100,0	100,0

A presença de *Myrceugenia regnelliana* e *M. myrcioides* entre as espécies principais está relacionada aos seus elevados valores de densidade, representando 35,7% do total de indivíduos, que corresponderam a apenas 3,4% da dominância total. Chama a atenção o fato de a primeira ainda não ter sido incluída em nenhum outro estudo

realizado nas florestas altomontanas do Paraná, inclusive na extensa lista florística apresentada por Scheer e Moccochinski (2009), o que pode ser associado ao seu pequeno porte, com diâmetros raramente superiores aos 10 cm e sua ocorrência preferencial no subosque de florestas sobre encostas convergentes (Capítulo 2).

Também encontradas no subosque, porém mais frequentemente no dossel, *Calyptranthes obovata* e *Myrcia guianensis* se destacaram com elevados valores de dominância, que lhes conferiu os terceiro e quarto lugares em importância (Tabela 1).

As espécies *Siphoneugena reitzii* e *Ilex microdonta*, comumente associadas aos primeiros lugares em importância e tidas como indicadoras desta formação no Paraná (RODERJAN, 1994; ROCHA, 1999; PORTES, GALVÃO e KOEHLER, 2001; KOEHLER, GALVÃO e LONGHI, 2002; SCHEER, CURCIO e RODEJAN, 2011; VIEIRA, BLUM e RODEJAN, 2014) também foram registradas, porém ocupando apenas o sexto e décimo lugares na ordem de importância, respectivamente, o que demonstra menor aptidão para se desenvolver em encostas convergentes.

A soma das 12 espécies com menor PI representa 13,4% da densidade e 14,9% da dominância total, somando aproximadamente 17% da importância estrutural. Neste grupo destacaram-se, em termos de dominância, *Eugenia neomyrtifolia*, *Symplocos corymboclados* e *Ocotea tristis*, que juntas somaram 6,2% do valor total.

O diâmetro médio à altura do peito (DAP) da comunidade foi igual a 14,1 cm, porém mais de sua metade apresentou valores inferiores a 10 cm. A distribuição dos indivíduos em classes de diâmetros assumiu a forma exponencial negativa (Figura 2A), com a maioria se concentrando nas primeiras classes, padrão considerado comum para florestas tropicais naturais (CABACINHA e CASTRO, 2010).

Na primeira classe (3,18 – 9,9 cm) ficaram agrupados aproximadamente 51% da população total, incluindo mais da metade das espécies registradas (54,5%), com destaque para *M. regnelliana* e *M. myrcioides*, que juntas contribuíram com 61,4% da densidade de indivíduos. A soma das duas primeiras classes representou 75% da população total e 81,8% do conjunto florístico (n = 18 spp.).

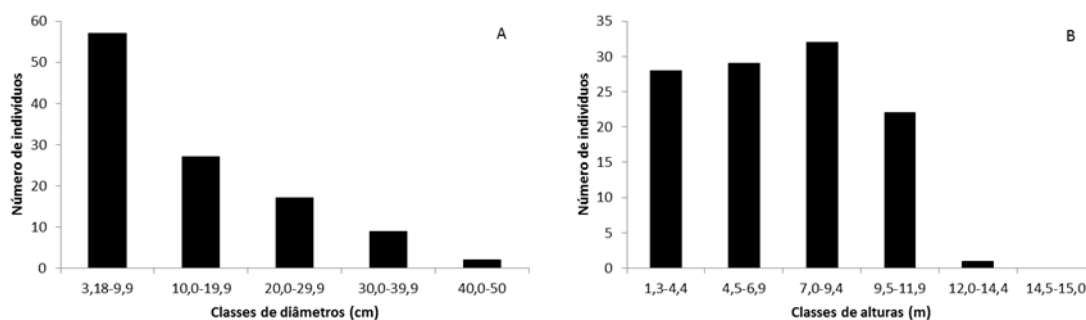


Figura 2 - Histogramas de frequência para as classes de diâmetro (A) e altura (B) dos indivíduos da Floresta Ombrófila Densa Altomontana sobre encostas convergentes do morro Capivari Grande, na Serra do Mar do Paraná.

Dentre as espécies representadas por apenas um indivíduo, *Ocotea tristis*, *Prunus myrtifolia* e *Symplocos corymboclados* ficaram agrupadas na terceira classe (20,0 – 29,9 cm) e, *Eugenia neomyrtifolia* na quarta (30,0 – 39,9 cm). Na última classe (40,0 – 50,0 cm) foram registrados apenas dois indivíduos, com o maior diâmetro verificado para *O. porosa* (47,8 cm) e o segundo para *M. guianensis* (45,2 cm), sendo esta última a única espécie registrada em todas as classes.

Conforme observado no histograma da Figura 2B, predominaram na comunidade indivíduos com alturas inferiores a nove metros, com as três primeiras classes correspondendo a quase 80% da densidade total. A altura média foi igual a 6,4 m, sendo este valor considerado alto perante aos registrados em outros estudos (ROCHA, 1999; PORTES, GALVÃO e KOEHLER, 2001; KOEHLER, GALVÃO e LONGHI, 2002) e comparado ao verificado nas encostas divergentes. Composto o dossel foram registrados indivíduos com alturas entre nove e doze metros, correspondentes a *Ocotea porosa*, *Myrcia guianensis*, *Calypttranthes obovata* e *Siphoneugena reitzii*.

Um segundo estrato foi observado, constituído por espécies com alturas variando entre 3,5 a 6 metros e representado principalmente por *M. regnelliana*, *M. myrcioides* e *Myrceugenia pilotantha*, além de indivíduos jovens de *E. sclerocalyx*, *M. guianensis* e *Siphoneugena reitzii*. Chamado de subosque, este segmento abrangeu mais de 41% do total de indivíduos, porém, representados por apenas oito espécies. Para as florestas altomontanas paranaenses, a presença de um único estrato foi observada na maioria dos estudos (RODERJAN, 1994; PORTES, GALVÃO e KOEHLER, 2001; KOEHLER, GALVÃO e LONGHI, 2002; SCHEER, CURCIO e RODERJAN, 2011; VIEIRA, BLUM e RODERJAN, 2014), porém a existência de um segundo estrato foi registrada por Rocha (1999) em áreas de fundo de vales no Pico do Marumbi.

Comparada com outras comunidades florestais altomontanas (RODERJAN, 1994; PORTES, GALVÃO e KOEHLER, 2001; KOEHLER, GALVÃO e LONGHI, 2002; SCHEER, CURCIO e RODERJAN, 2011; VIEIRA, BLUM e RODERJAN, 2014), esta associação se destacou pelos altos valores de diâmetro médio (14,1 cm) e altura média (6,4 m), além da baixa densidade de indivíduos ($2.240 \text{ ind.ha}^{-1}$) e elevada área basal ($51,5 \text{ m}^2/\text{ha}$). Estes resultados demonstram se tratar de uma comunidade de maior porte, composta por indivíduos mais robustos e com a presença de até dois estratos, sendo o inferior dominado por *M. regnelliana*, *M. myrcioides* e *M. pilotantha* e o superior por *O. porosa*, *C. obovata* e *M. guianensis*.

Morro Cerro Verde

Foram registrados 87 indivíduos arbóreos, distribuídos em 26 espécies e 14 famílias botânicas, sendo uma pteridófita e as restantes angiospermas. Dentre os sítios analisados neste estudo, este foi o que apresentou os maiores valores de diversidade ($H' - 2,95$) e equabilidade ($J' = 0,91$), além do segundo maior número de espécies.

Assim como verificado no morro Capivari Grande, Myrtaceae foi a família de maior expressão, representada por doze espécies e sete gêneros, constituindo 63,2% da densidade arbórea e 72,2% da dominância total ($\text{DoA}_{\text{TOTAL}} = 33,9 \text{ m}^2/\text{ha}$). A importância da família nesta associação foi tão grande que suas espécies ocuparam as três primeiras posições em importância, totalizando mais de 30% do PI (Tabela 2).

Ocorrendo em apenas 30% das unidades amostrais, *Myrceugenia seriatoramosa* foi a espécie que apresentou a maior dominância, assumindo o primeiro lugar em importância (PI = 11,3%). Sua predominância nas florestas altomontanas já havia sido relatada nos estudos de Scheer, Curcio e Roderjan (2011) para as serras da Prata e do Ibitiraquire, sendo esta última correspondente ao mesmo complexo geológico que abrange este sítio. Com exceção de *M. seriatoramosa*, o conjunto de espécies principais foi semelhante ao verificado no sítio anterior: *Myrcia guianensis*, *Calypttranthes obovata* e *Ocotea porosa*, que juntas somaram pouco mais de 28% da PI.

Tabela 2 – Parâmetros fitossociológicos das espécies arbóreas amostradas em encostas convergentes na Floresta Ombrófila Densa Altomontana do morro Cerro Verde, na Serra do Mar do Paraná.
 Legenda: DA: densidade absoluta; DR: densidade relativa; DoA: dominância absoluta; DoR: dominância relativa; FA: frequência absoluta; PI: porcentagem de importância.

Espécies	DA (ind/ha)	DR (%)	DoA (m²/ha)	DoR (%)	FA (%)	FR (%)	PI (%)
<i>Myrceugenia seriatramosa</i>	160,0	9,2	6,8	19,9	30,0	4,7	11,3
<i>Myrcia guianensis</i>	120,0	6,9	6,2	18,1	50,0	7,8	11,0
<i>Calyptanthus obovata</i>	180,0	10,3	2,7	8,0	50,0	7,8	8,7
<i>Ocotea porosa</i>	120,0	6,9	4,1	12,1	40,0	6,3	8,4
<i>Siphoneugena reitzii</i>	100,0	5,8	3,4	10,0	40,0	6,3	7,3
<i>Myrcia pulchra</i>	160,0	9,2	1,7	5,0	50,0	7,8	7,3
<i>Myrceugenia regnelliana</i>	160,0	9,2	0,3	0,8	50,0	7,8	6,0
<i>Dasyphyllum spinescens</i>	140,0	8,1	0,5	1,6	50,0	7,8	5,8
<i>Calyptanthus</i> sp.	80,0	4,6	1,6	4,8	40,0	6,3	5,2
<i>Drimys brasiliensis</i>	60,0	3,5	0,2	0,6	30,0	4,7	2,9
<i>Eugenia sclerocalyx</i>	40,0	2,3	1,1	3,2	20,0	3,1	2,9
<i>Weinmannia humilis</i>	60,0	3,5	0,5	1,6	20,0	3,1	2,7
<i>Citronella engleriana</i>	20,0	1,2	1,6	4,8	10,0	1,6	2,5
<i>Roupala rhombifolia</i>	40,0	2,3	0,4	1,3	20,0	3,1	2,2
<i>Myrsine umbellata</i>	40,0	2,3	0,1	0,2	20,0	3,1	1,9
<i>Myrceugenia myrcioides</i>	40,0	2,3	0,1	0,2	20,0	3,1	1,9
<i>Ilex microdonta</i>	20,0	1,2	0,8	2,3	10,0	1,6	1,7
Myrtaceae 3	20,0	1,2	0,6	1,9	10,0	1,6	1,5
<i>Cyathea</i> sp.	20,0	1,2	0,5	1,6	10,0	1,6	1,4
<i>Leandra hatschbachii</i>	40,0	2,3	0,1	0,2	10,0	1,6	1,3
<i>Prunus myrtifolia</i>	20,0	1,2	0,3	0,9	10,0	1,6	1,2
<i>Handroanthus catarinensis</i>	20,0	1,2	0,2	0,5	10,0	1,6	1,1
<i>Myrciaria floribunda</i>	20,0	1,2	0,1	0,2	10,0	1,6	1,0
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	20,0	1,2	0,1	0,1	10,0	1,6	1,0
<i>Ocotea tristis</i>	20,0	1,2	0,1	0,1	10,0	1,6	1,0
<i>Daphnopsis fasciculata</i>	20,0	1,2	0,0	0,1	10,0	1,6	0,9
TOTAL	1.740	100,0	33,9	100,0	-	100,0	100,0

Assim como no sítio anterior, *Siphoneugena reitzii* e *Ilex microdonta* foram registradas em posições de importância inferiores aos padrões comuns (RODERJAN, 1994; PORTES, GALVÃO e KOEHLER, 2001; SCHEER, CURCIO e RODEJAN, 2011; VIEIRA, BLUM e RODEJAN, 2014), ocupando o quinto (PI = 7,3%) e o décimo sétimo (PI = 1,7%) lugares em PI, respectivamente (Tabela 2). O baixo valor de

importância verificado para *I. microdonta* se deu pela sua baixa densidade, sendo que foi representada por apenas um indivíduo e 2,3% da dominância total.

O diâmetro médio da comunidade foi de 13 cm, com a maioria dos indivíduos apresentando DAP inferior a 10 cm. No que se refere à distribuição diamétrica (Figura 3A), foi verificado que na primeira classe (3,18 - 9,9 cm) foram agrupados mais de 51% do total de indivíduos, correspondentes a 76,9% das espécies registradas, sendo as maiores contribuições referentes a *M. regnelliana*, *Dasyphyllum spinescens* e *Myrcia pulchra*. Nove espécies apresentaram ocorrência exclusiva nesta classe (*Blepharocalyx salicifolius*, *Daphnopsis fasciculata*, *Drimys brasiliensis*, *Leandra hatschbachii*, *Myrceugenia myrcioides*, *M. regnelliana*, *Myrciaria floribunda*, *Myrsine umbellata* e *Ocotea tristis*), sendo também verificados indivíduos jovens de espécies típicas do dossel, como *C. obovata*, *S. reitzii* e *M. guianensis*.

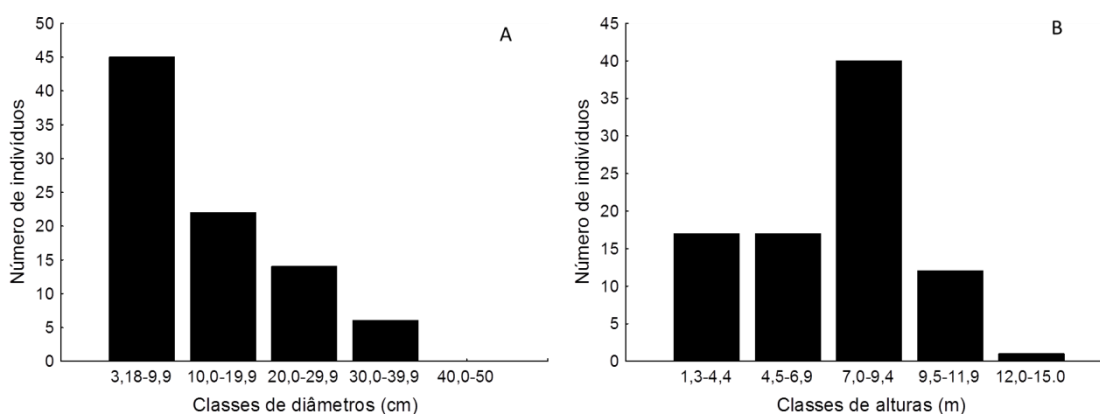


Figura 3- Histogramas de frequência para as classes de diâmetro (A) e altura (B) dos indivíduos da Floresta Ombrófila Densa Altomontana sobre encostas convergentes do morro Cerro Verde, na Serra do Mar do Paraná.

Conforme ainda observado no histograma da Figura 3A, nenhum indivíduo apresentou diâmetro superior a 40,0 cm, sendo o diâmetro máximo correspondente a *M. seriatoramosa* (39,9 cm). Além de apresentar a maior PI, esta espécie foi registrada em quatro classes de diâmetros, juntamente com *M. guianensis* e *O. porosa*. Para a quarta classe (30,0-39,9 cm) foram registrados seis indivíduos correspondentes às cinco espécies mais comuns do dossel (*M. guianensis*, *S. reitzii*, *M. seriatoramosa*, *O. porosa* e *Citronella engleriana*), que juntos representaram mais de 35% da dominância total.

A altura média da comunidade foi igual a 7 m, com 46% dos indivíduos apresentando de 7 a 9,4 metros (Figura 3Figura B). Assim como no sítio anterior, um

segundo estrato também foi observado constituído por espécies com alturas inferiores aos 6,5 m, representadas por *Myrceugenia regnelliana*, *Drimys brasiliensis*, *Myrsine umbellata*, *Leandra hatschbachii* e *Myrceugenia myrcioides*, além de indivíduos jovens de *M. guianensis*, *C. obovata* e *Myrcia pulchra*.

A altura máxima registrada foi igual a 12 metros, atingida por um indivíduo de *Citronella engleriana*, único representante da espécie que contribuiu sozinho com aproximadamente 5% da dominância total (Tabela 2). No geral, predominaram no dossel indivíduos com até dez metros de altura, correspondentes a *M. seriatoramosa*, *M. guianensis*, *Calypttranthes* sp. e *O. porosa*.

Para a densidade total, o pequeno número de indivíduos ($n = 87$) refletiu no menor valor já registrado nesta formação no Paraná, de $1.740 \text{ ind.ha}^{-1}$, sendo as maiores contribuições registradas para *C. obovata*, *M. seriatoramosa*, *M. pulchra* e *M. regnelliana*, que juntas compreenderam 37,9% da comunidade. Dez espécies foram representadas por apenas um indivíduo, entre as quais se incluem *Ilex microdonta*, *Handroanthus catarinensis* e *Ocotea tristis*, mais comuns sobre encostas divergentes (CAPÍTULO 2).

O valor de área basal da floresta foi considerado baixo ($33,9 \text{ m}^2/\text{ha}$), sendo o menor registrado entre os três sítios analisados sobre encostas convergentes, porém se encontra próximo aos registrados em outros estudos no Paraná (ROCHA, 1999; KOEHLER, GALVÃO e LONGHI, 2002; SCHEER, CURCIO e RODERJAN, 2011; VIEIRA, BLUM e RODERJAN, 2014).

Morro Taipabuçu

Foram registrados 95 indivíduos arbóreos, distribuídos em 23 espécies e 11 famílias botânicas, sendo uma pteridófita e as restantes angiospermas. O índice de diversidade de Shannon (H') foi igual a 2,72 e a equabilidade (J') igual a 0,87.

Assim como nos outros sítios Myrtaceae foi à família que mais se destacou, tanto em termos de riqueza de espécies (dez espécies e seis gêneros), como também pelo grande número de indivíduos, representando 63,2% da densidade total. Winteraceae, Asteraceae e Cunoniaceae foram representadas por duas espécies cada.

Ocotea porosa foi a espécie de maior importância ($PI = 18,8\%$), sendo que mesmo não apresentando os maiores valores de densidade, ocorreu em 70% das unidades amostrais e somou mais de 33% da dominância total (Tabela 3). Na segunda posição, *Myrcia guianensis* se destaca pelos elevados valores de densidade e frequência,

somando PI de 16,3%. Grandes contribuições associadas a esta espécie também foram verificadas nos morros Araçatuba e Mãe Catira (KOEHLER, GALVÃO e LONGHI, 2002) onde ocupou o primeiro e o segundo lugares em importância, respectivamente.

Tabela 3 - Parâmetros fitossociológicos das espécies arbóreas amostradas em encostas convergentes na Floresta Ombrófila Densa Altomontana do morro Taipabuçu, na Serra do Mar do Paraná.
Legenda: DA: densidade absoluta; DR: densidade relativa; DoA: dominância absoluta; DoR: dominância relativa; FA: frequência absoluta; PI: porcentagem de importância.

Espécies	DA (ind/ha)	DR (%)	DoA (m²/ha)	DoR (%)	FA (%)	FR (%)	PI (%)
<i>Ocotea porosa</i>	220,0	11,6	15,4	33,3	70,0	11,5	18,8
<i>Myrcia guianensis</i>	280,0	14,7	11,3	24,4	60,0	9,8	16,3
<i>Eugenia sclerocalyx</i>	220,0	11,6	2,5	5,5	70,0	11,5	9,5
<i>Siphoneugena reitzii</i>	200,0	10,5	2,4	5,3	60,0	9,8	8,6
<i>Ilex microdonta</i>	120,0	6,3	4,1	9,0	30,0	4,9	6,7
<i>Myrceugenia regnelliana</i>	180,0	9,5	0,4	0,8	50,0	8,2	6,2
<i>Myrceugenia myrcioides</i>	100,0	5,3	2,2	4,8	30,0	4,9	5,0
<i>Calyptranthes obovata</i>	100,0	5,3	1,6	3,4	30,0	4,9	4,5
<i>Myrsine umbellata</i>	80,0	4,2	0,8	1,8	30,0	4,9	3,6
<i>Drimys brasiliensis</i>	80,0	4,2	0,2	0,4	30,0	4,9	3,2
<i>Prunus myrtifolia</i>	40,0	2,1	0,9	1,9	20,0	3,3	2,4
<i>Eugenia</i> sp.	40,0	2,1	0,3	0,6	20,0	3,3	2,0
<i>Drimys angustifolia</i>	20,0	1,1	1,1	2,4	10,0	1,6	1,7
<i>Eugenia neomyrtifolia</i>	20,0	1,1	0,7	1,6	10,0	1,6	1,4
<i>Citronella engleriana</i>	20,0	1,1	0,7	1,5	10,0	1,6	1,4
<i>Myrciaria floribunda</i>	20,0	1,1	0,6	1,3	10,0	1,6	1,3
<i>Myrceugenia pilotantha</i>	40,0	2,1	0,1	0,1	10,0	1,6	1,3
<i>Cyathea</i> sp.	20,0	1,1	0,4	0,9	10,0	1,6	1,2
<i>Rhamnus sphaerosperma</i>	20,0	1,1	0,2	0,5	10,0	1,6	1,1
<i>Piptocarpha</i> sp.	20,0	1,1	0,1	0,3	10,0	1,6	1,0
<i>Dasyphyllum spinescens</i>	20,0	1,1	0,1	0,2	10,0	1,6	1,0
<i>Weinmannia discolor</i>	20,0	1,1	0,0	0,1	10,0	1,6	0,9
<i>Weinmannia humilis</i>	20,0	1,1	0,0	0,1	10,0	1,6	0,9
TOTAL	1.900	100,0	46,1	100,0	-	100,0	100,0

Pela primeira vez entre as espécies principais, *Eugenia sclerocalyx* apresentou o terceiro maior PI (9,5%), principalmente associado a densidade e frequência, já que contribui apenas com 5,3% da dominância (Tabela 3). Novamente *Siphoneugena reitzii* se destacou entre as mais importantes, agora acompanhada de *Ilex microdonta*, espécie

considerada como a mais importante das florestas altomontanas paranaenses (RODERJAN, 1994; PORTES, GALVÃO e KOEHLER, 2001; KOEHLER, GALVÃO e LONGHI, 2002; SCHEER, CURCIO e Roderjan, 2011; VIEIRA, BLUM e Roderjan, 2014). Apesar de também registrada nos outros sítios sobre encostas convergentes, somente no morro Taipabuçu esta espécie ficou colocada entre as cinco mais importantes, onde foi representada por seis indivíduos.

Seguindo a ordem de importância, *Myrceugenia regnelliana* se destaca pelos altos valores de densidade e frequência, porém, baixíssimas contribuições de dominância, somando o sexto maior PI (6,2%).

A distribuição diamétrica seguiu ao padrão verificado nos outros sítios, com as maiores densidades de indivíduos se concentrando nas classes de menores diâmetros (Figura 4A), com uma interrupção observada na quarta classe do histograma, indicando uma possível ocorrência de distúrbios na comunidade (PEREIRA-SILVA, 2004; SOUZA *et al.*, 2012). Na referida classe foram registrados apenas dois indivíduos, correspondentes a *I. microdonta* e *Myrceugenia myrcioides*.

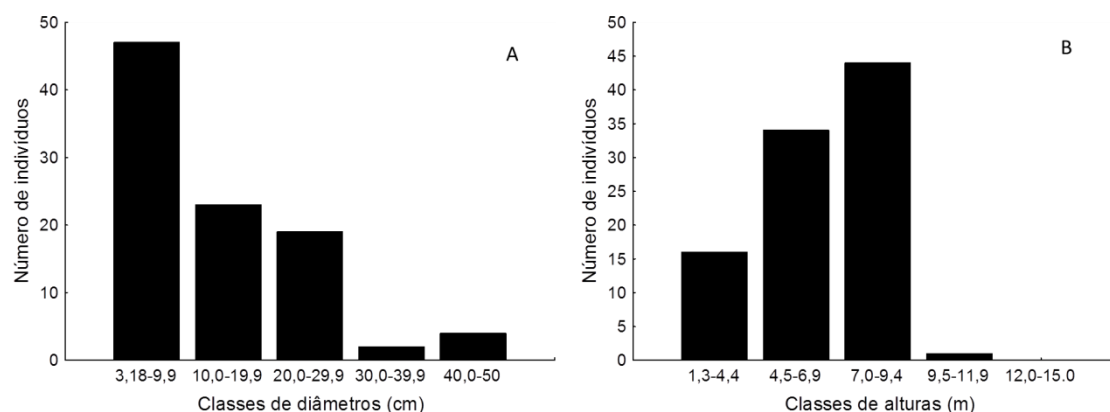


Figura 4 - Histogramas de frequência para as classes de diâmetro (A) e altura (B) dos indivíduos da Floresta Ombrófila Densa Altomontana sobre encostas divergentes do morro Taipabuçu, na Serra do Mar do Paraná.

Na primeira classe (3,18 – 9,9 cm) foram agrupados 49,5% dos indivíduos correspondentes a 65% das espécies, que juntos contribuíram com apenas 6,3% da dominância total. Por outro lado, a última classe abrangeu apenas 4,2% do total de indivíduos, contribuindo com 25,5% da dominância total. Para esta variável, a maior contribuição foi verificada na terceira classe, correspondendo a aproximadamente 41% do total (DoA = 18,87 m²/ha).

Com relação à altura, mais de 46% dos indivíduos apresentaram entre 7 e 9,4 m (Figura 4B), sendo a média de 6,5 m. No dossel predominaram *Ocotea porosa*, *M. guianensis*, *Eugenia sclerocalyx* e *I. microdonta*, além de alguns indivíduos de *Prunus myrtifolia* e *Siphoneugena reitzii*.

Características estruturais e estatísticas descritivas

Uma grande homogeneidade foi verificada entre os sítios, não sendo detectadas diferenças entre as médias das variáveis DAP e altura, para o teste de Tukey ao nível de 95% de probabilidade ($p > 0,05$) (Tabela 4).

Os valores de DAP_{médio} foram considerados altos para os padrões das florestas altomontanas do Paraná, sendo comuns valores abaixo de 10 cm (ROCHA, 1999; KOEHLER, GALVÃO e LONGHI, 2002). Entre os sítios, a maior média foi registrada no morro Taipabuçu (14,3 cm), enquanto que o DAP_{máximo} foi registrado no morro Capivari Grande, associado a *O. porosa* (47,8 cm). No morro Cerro Verde os indivíduos apresentaram menor porte, resultando na menor média dos três sítios (DAP = 13,0 cm) (Tabela 4). Os diâmetros máximos foram correspondentes a *S. reitzii* e *M. seriatoramosa*.

Tabela 4 - Estatísticas descritivas para as variáveis estruturais em três sítios de Floresta Ombrófila Densa Altomontana sobre encostas convergentes na Serra do Mar do Paraná.

Variáveis	Parâmetros	Capivari	Cerro Verde	Taipabuçu	p	Média geral
Diâmetro	Média (cm)	14,1 a	13,0 a	14,3 a	0,6296 ^{ns}	13,8
	Coefficiente de variação (%)	21,5	25,8	19,9		21,9
	Erro amostral relativo (%)**	15,4	18,4	14,2		7,8
Altura	Média (m)	6,4 a	7,0 a	6,5 a	0,3152 ^{ns}	6,6
	Coefficiente de variação (%)	10,9	15,6	15,8		14,5
	Erro amostral relativo (%)**	7,8	11,2	11,3		5,2
Densidade	Média (ind.ha ⁻¹)	2240 a	1740 a	1900 a	0,1305 ^{ns}	1960
	Coefficiente de variação (%)	29,1	32,5	20,0		28,9
	Erro amostral relativo (%)**	20,8	23,3	14,3		10,3
Área basal	Média (m ² /ha)	51,5 ^a	33,9 a	46,1 a	0,1174 ^{ns}	43,8
	Coefficiente de variação (%)	45,5	49,2	32,00		44,5
	Erro amostral relativo (%)**	32,3	35,3	22,9		15,9

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey.

** 95% de probabilidade de confiança

A altura média geral foi igual a 6,5 m, sendo a maior média registrada no morro Cerro Verde (7,0 m), enquanto que para os morros Capivari Grande e Taipabuçu os valores foram iguais a 6,4 m. Os baixos valores de erros amostrais e os menores coeficientes de variação demonstram a maior homogeneidade entre os dados de altura, quando comparados às outras variáveis estruturais (Tabela 4).

Em todos os sítios foram identificados dois estratos, sendo o primeiro formado por espécies que facilmente atingem mais de dez metros de altura, predominando *Ocotea porosa*, *Myrcia guianensis* e *Calypttranthes obovata*, além de alguns representantes de *Citronella engleriana*, *Symplocos corymboclados* e *Prunus myrtifolia*. No segundo foram agrupados os indivíduos com altura inferior à média da população, onde predominaram as Myrtaceae *Myrceugenia regnelliana*, *M. myrcioides* e *M. pilotantha*, além de indivíduos jovens de *Calypttranthes obovata*, *Eugenia sclerocalyx*, *Myrcia guianensis* e *Siphoneugena reitzii*.

A presença de um estrato arbóreo sempre foi considerada como uma das principais características das florestas altomontanas paranaenses, assim como a ausência de árvores emergentes. Conforme verificado neste estudo, as condições ambientais existentes sobre encostas convergentes possibilitam um maior desenvolvimento da floresta, assim como descrito por Vaschenko *et al.* (2007) e, consequentemente, favorecem o recrutamento de espécies umbrófilas como as Myrtaceae supracitadas.

No geral, os três sítios apresentaram valores de densidade muito baixos quando comparados a outros estudos (RODERJAN 1994; PORTES, GALVÃO e KOEHLER, 2001; KOEHLER, GALVÃO e LONGHI, 2002; SCHEER, CURCIO e RODERJAN, 2011; VIEIRA, BLUM e RODERJAN, 2014), sendo inclusive inferiores ao limite de 4.000 ind.ha⁻¹ proposto por Koehler, Galvão e Longhi (2002) como indicador desta formação no Paraná. As maiores contribuições foram de *Myrceugenia regnelliana*, *Myrcia guianensis* e *Ocotea porosa*, que juntas representaram mais de 33% da densidade total. Representando aproximadamente 3% do total de indivíduos, *Ilex microdonta* foi registrada em apenas seis unidades amostrais, confirmando sua menor preferência neste segmento da encosta.

Para a área basal, os erros amostrais indicam que para melhor representar esta variável uma maior amostragem seria necessária, uma vez que atingiram valores superiores aos 20% no morro Taipabuçu e, acima dos 30% nos morros Capivari Grande e Cerro Verde, enquanto que para a média geral, este valor ficou ligeiramente próximo dos 15% (Tabela 4). Dentre os sítios, o maior valor de área basal foi registrado no

morro Capivari Grande, porém sem apresentar diferenças significativas com os outros sítios para os teste de Tukey ($p > 0,05$). Com relação às espécies, as maiores contribuições para a área basal foram correspondentes a *O. porosa* e *Myrcia guianensis*, que juntas representaram mais de 47% do valor total.

Caracterização fitossociológica de Floresta Ombrófila Densa Altomontana sobre encostas divergentes

Morro Capivari Grande

Foram registrados 213 indivíduos arbóreos, distribuídos em 21 espécies e 10 famílias botânicas (Tabela 5). Em termos de riqueza, Myrtaceae foi a família que mais se destacou com nove espécies e cinco gêneros, enquanto Aquifoliaceae, Lauraceae e Symplocaceae foram representadas por duas espécies e dois gêneros cada. Estas mesmas famílias também foram destacadas como as mais importantes no estudo de Vieira *et al.* (2014), em área próxima do presente estudo nesta mesma subserra.

As três espécies mais importantes representaram 56,1% do percentual de importância (PI), confirmando a tendência da dominância comumente verificada para as florestas altomontanas do Paraná (RODERJAN, 1994; PORTES, GALVÃO e KOEHLER, 2001; KOEHLER, GALVÃO e LONGHI, 2002). Com exceção da frequência, a soma dos parâmetros referentes às onze espécies de menor importância resultaram em valores estruturais inferiores aos registrados para as duas mais importantes (Tabela 5).

Assim como verificado em outros estudos na Serra do Mar (RODERJAN, 1994; PORTES, GALVÃO e KOEHLER, 2001; KOEHLER, GALVÃO e LONGHI, 2002; SCHEER, CURCIO e RODERJAN, 2011; VIEIRA, BLUM e RODERJAN, 2014), *Ilex microdonta* foi a espécie de maior importância (PI = 28,6%) se destacando com altos valores de densidade, dominância e principalmente frequência, ocorrendo em todas as unidades amostrais.

Na segunda posição, *Siphoneugena reitzii* também se destacou pelos elevados valores de densidade e frequência, não ocorrendo em somente uma unidade amostral, porém com menores valores de dominância que resultaram um PI = 19,0%. Estas duas espécies, nesta mesma ordem, foram registradas como as mais importantes na serra do Ibitiraquire (SCHEER, CURCIO e RODERJAN, 2011) e no morro Anhangava

(RODERJAN, 1994), sendo suas predominâncias consideradas como indicativo de ocorrência desta formação no Estado (VIEIRA *et al.*, 2014).

Tabela 5 - Parâmetros fitossociológicos das espécies arbóreas amostradas em encostas divergentes na Floresta Ombrófila Densa Altomontana do morro Capivari Grande, na Serra do Mar do Paraná. Legenda: DA: densidade absoluta; DR: densidade relativa; DoA: dominância absoluta; DoR: dominância relativa; FA: frequência absoluta; PI: porcentagem de importância.

Espécies	DA (ind/ha)	DR (%)	DoA (m ² /ha)	DoR (%)	FA (%)	FR (%)	PI (%)
<i>Ilex microdonta</i>	1260	29,6	23,0	43,0	100,0	13,3	28,6
<i>Siphoneugena reitzii</i>	1120	26,3	10,0	18,7	90,0	12,0	18,9
<i>Handroanthus catarinensis</i>	540	12,7	2,6	4,9	60,0	8,0	8,5
<i>Ilex chamaedryfolia</i>	180	4,2	3,6	6,7	40,0	5,3	5,4
<i>Ocotea tristis</i>	220	5,2	0,6	1,1	70,0	9,3	5,2
<i>Drimys angustifolia</i>	80	1,9	3,4	6,3	40,0	5,3	4,5
<i>Myrceugenia seriatoramosa</i>	120	2,8	1,8	3,4	50,0	6,7	4,3
<i>Ocotea porosa</i>	100	2,4	2,6	4,8	20,0	2,7	3,2
<i>Myrcia guianensis</i>	80	1,9	2,1	3,9	30,0	4,0	3,2
<i>Clethra uleana</i>	60	1,4	1,1	2,0	30,0	4,0	2,4
<i>Calypttranthes obovata</i>	100	2,4	0,3	0,6	30,0	4,0	2,3
<i>Symplocos corymboclados</i>	60	1,4	0,8	1,5	30,0	4,0	2,2
Myrtaceae 1	60	1,4	0,3	0,5	30,0	4,0	1,9
<i>Citronella engleriana</i>	60	1,4	0,2	0,4	30,0	4,0	1,9
<i>Weinmannia humilis</i>	40	0,9	0,5	0,9	20,0	2,7	1,5
<i>Myrcia hartwegiana</i>	40	0,9	0,1	0,1	20,0	2,7	1,2
<i>Myrceugenia myrcioides</i>	40	0,9	0,1	0,1	20,0	2,7	1,2
<i>Symplocos incrassata</i>	20	0,5	0,4	0,7	10,0	1,3	0,8
<i>Myrceugenia ovata</i>	40	0,9	0,1	0,2	10,0	1,3	0,8
<i>Roupala rhombifolia</i>	20	0,5	0,1	0,1	10,0	1,3	0,6
<i>Eugenia</i> sp.	20	0,5	0,0	0,0	10,0	1,3	0,6
Total	4.260	100,0	53,6	100,0	-	100,0	100,0

Dando sequência na ordem de importância, porém com valor relativamente inferior de importância (PI = 8,5%), *Handroanthus catarinensis* aparece no terceiro lugar. Apesar de ser uma espécie considerada comum nas florestas altomontanas paranaenses (VIEIRA, BLUM e RODERJAN, 2014), seu posicionamento entre as espécies de maior importância não é frequente, sendo registrada apenas na Serra da Igreja por Scheer *et al.* (2011), onde assumiu o quarto maior valor de importância.

A densidade total foi de $4.260 \text{ ind.ha}^{-1}$, dos quais 68,6% correspondem às três espécies principais. Altos valores para esta variável são comuns entre as florestas altomontanas, sendo inclusive considerados como um grande indicador estrutural desta fisionomia vegetal (KOEHLER, GALVÃO e LONGHI, 2002). Da mesma forma, as maiores contribuições de área basal se concentraram nas espécies principais, com um grande destaque para *I. microdonta* que deteve sozinha aproximadamente 42,9% do total ($23,02 \text{ m}^2/\text{ha}$) (Tabela 5).

A distribuição diamétrica dos indivíduos assumiu a forma exponencial negativa, com as maiores densidades sendo observadas nas classes de menor diâmetro (Figura 5A), sendo este o padrão mais comum para florestas tropicais naturais (CABACINHA e CASTRO, 2010). O diâmetro médio da comunidade foi de 11,3 cm, sendo os maiores diâmetros registrados para *Ilex chamaedryfolia* (34,8 cm), *Myrcia guianensis* (29,6 cm), *I. microdonta* (28,0 cm), *Drimys angustifolia* (27,1 cm) e *Ocotea porosa* (25,4 cm).

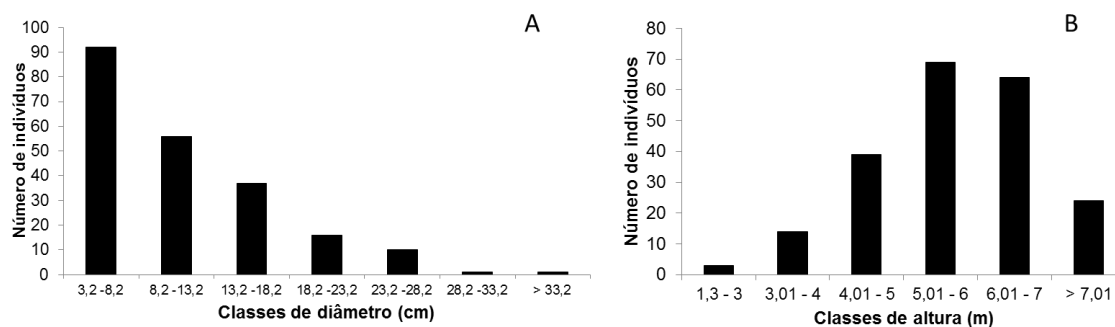


Figura 5 - Histogramas de frequência para as classes de diâmetro (A) e altura (B) dos indivíduos da Floresta Ombrófila Densa Altomontana sobre encostas divergentes do morro Capivari Grande, na Serra do Mar do Paraná.

Para o dossel foi registrada uma altura máxima igual a 8,5 m, porém a maioria dos indivíduos apresentaram alturas entre cinco e seis metros, resultando em uma média de 5,5 m (Figura 5B). Valores superiores a oito metros foram registrados apenas para *S. reitzii*, *Symplocos corymboclados*, *O. porosa* e *I. microdonta*. Diferentemente das florestas localizadas sobre encostas convergentes, discutidas anteriormente, um segundo estrato não foi evidenciado.

Morro Cerro Verde

Neste sítio foram registradas 226 indivíduos, distribuídos em 29 espécies e 13 famílias. Novamente, Myrtaceae foi a família que mais se destacou (14 espécies; 6

gêneros), seguida por Lauraceae (3 spp.; 2 gên.) e Aquifoliaceae (2 spp.; 2 gênero). As demais famílias foram registradas com apenas uma espécie e juntas representaram pouco mais de 31% da comunidade arbórea.

O predomínio estrutural de algumas espécies ocorreu de forma menos acentuada quando comparada aos outros sítios em encostas divergentes, com as três espécies principais representando apenas 36,5% do percentual de importância (PI) e aproximadamente 33% da densidade total. Isto também se confirma pelos elevados valores de diversidade ($H' = 2,84$) e equabilidade ($J' = 0,85$) observados, ficando abaixo apenas dos verificados por Rocha (1999) e Koehler, Galvão e Longhi (2002), nos morros Marumbi e Vigia, respectivamente e, aos verificados nas encostas convergentes dos morros Cerro Verde e Taipabuçu, discutidos anteriormente.

Apesar da maior riqueza florística, o grupo de espécies principais foi bastante semelhante ao verificado nos outros sítios, principalmente com relação a *Ilex microdonta* e *Siphoneugena reitzii* que novamente assumiram o primeiro e segundo lugares em importância, respectivamente. Para *I. microdonta* vale destacar que apesar de apresentar menor densidade, esta espécie ocorreu em 90% das unidades amostrais, sendo representada principalmente por indivíduos com diâmetros avantajados que juntos contribuíram com cerca de 24% da dominância total. Elevadas frequências também foram verificadas para *S. reitzii*, *Handroanthus catarinensis* e *Myrcia guianensis*, sendo a última registrada em todas as unidades amostrais (Tabela 6).

A densidade foi de 4.520 ind.ha⁻¹, sendo as maiores contribuições referentes à *M. guianensis*, *S. reitzii* e *H. catarinensis* (Tabela 6). Valores acima de 4.000 ind.ha⁻¹ são comuns para as florestas altomontanas do Paraná, valendo ressaltar a utilização deste limite como indicador da ocorrência desta formação na Serra do Mar por Koehler, Galvão e Longhi, (2002).

Tabela 6 - Parâmetros fitossociológicos das espécies arbóreas amostradas em encostas divergentes na Floresta Ombrófila Densa Altomontana do morro Cerro Verde, na Serra do Mar do Paraná.
 Legenda: DA: densidade absoluta; DR: densidade relativa; DoA: dominância absoluta; DoR: dominância relativa; FA: frequência absoluta; PI: porcentagem de importância.

Espécies	DA (ind/ha)	DR (%)	DoA (m²/ha)	DoR (%)	FA (%)	FR (%)	PI (%)
<i>Ilex microdonta</i>	360	8,0	10,7	25,5	90,0	8,5	14,0
<i>Siphoneugena reitzii</i>	600	13,3	7,9	18,7	90,0	8,5	13,5
<i>Myrcia guianensis</i>	720	15,9	4,7	11,3	100,0	9,4	12,2
<i>Handroanthus catarinensis</i>	480	10,6	1,2	2,9	90,0	8,5	7,3
<i>Citronella engleriana</i>	340	7,5	2,6	6,2	70,0	6,6	6,8
<i>Ilex chamaedryfolia</i>	220	4,9	1,8	4,2	60,0	5,7	4,9
<i>Ocotea porosa</i>	180	4,0	2,0	4,8	60,0	5,7	4,8
<i>Prunus myrtifolia</i>	220	4,9	1,3	3,1	50,0	4,7	4,2
<i>Drimys brasiliensis</i>	200	4,4	0,7	1,7	50,0	4,7	3,6
<i>Eugenia sclerocalyx</i>	160	3,5	0,8	1,9	40,0	3,8	3,1
<i>Ocotea tristis</i>	80	1,8	2,3	5,5	20,0	1,9	3,0
<i>Eugenia neomyrtifolia</i>	140	3,1	0,7	1,6	40,0	3,8	2,8
<i>Calypttranthes sp.</i>	100	2,2	0,5	1,3	40,0	3,8	2,4
<i>Daphnopsis fasciculata</i>	80	1,8	1,1	2,5	30,0	2,8	2,4
<i>Calypttranthes obovata</i>	100	2,2	1,2	2,9	20,0	1,9	2,3
<i>Blepharocalyx salicifolius</i>	60	1,3	0,6	1,5	30,0	2,8	1,9
<i>Myrceugenia franciscensis</i>	80	1,8	0,7	1,6	20,0	1,9	1,7
<i>Myrceugenia myrcioides</i>	60	1,3	0,1	0,2	30,0	2,8	1,4
<i>Myrceugenia regnelliana</i>	80	1,8	0,1	0,3	20,0	1,9	1,3
<i>Persea major</i>	40	0,9	0,1	0,2	20,0	1,9	1,0
<i>Myrcia pulchra</i>	60	1,3	0,3	0,7	10,0	0,9	1,0
<i>Eugenia sp.</i>	20	0,4	0,2	0,4	10,0	0,9	0,6
<i>Rhamnus sphaerosperma</i>	20	0,4	0,2	0,4	10,0	0,9	0,6
<i>Myrceugenia seriatoramosa</i>	20	0,4	0,1	0,3	10,0	0,9	0,5
<i>Laplacea fruticosa</i>	20	0,4	0,1	0,3	10,0	0,9	0,5
<i>Miconia lymanii</i>	20	0,4	0,1	0,1	10,0	0,9	0,5
<i>Clethra uleana</i>	20	0,4	0,0	0,1	10,0	0,9	0,5
<i>Myrcia hartwegiana</i>	20	0,4	0,0	0,1	10,0	0,9	0,5
<i>Dasyphyllum spinescens</i>	20	0,4	0,0	0,1	10,0	0,9	0,5
Total	4.520	100,0	42,0	100,0	-	100,0	100,0

Para dominância, o total foi de 42,02 m²/ha dos quais 55,4% corresponderam às três espécies principais. Conforme observado na Tabela 6, a soma das dominâncias das

19 espécies com menores PI é inferior ao valor obtido para *I. microdonta*, apesar de sua baixa densidade.

No geral, a maioria dos indivíduos apresentou pequenos diâmetros, resultando em um padrão de distribuição na forma exponencial negativa (Figura 6A), conforme verificado no sítio anterior. As duas primeiras classes diamétricas agruparam a mais de 94% da densidade total e 93% das espécies, não incluindo apenas *Rhamnus sphaerosperma* (Rhamnaceae) e *Eugenia* sp. (Myrtaceae), registradas na classe subsequente.

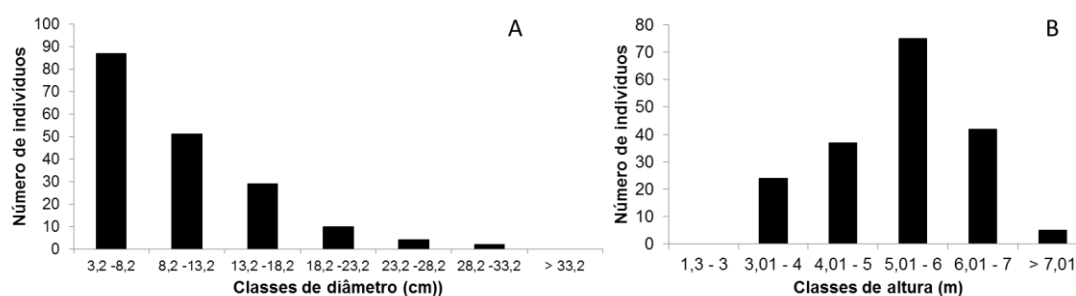


Figura 6 – Histogramas de frequência para as classes de diâmetro (A) e altura (B) dos indivíduos da Floresta Ombrófila Densa Altomontana sobre encostas divergentes do morro Cerro Verde, na Serra do Mar do Paraná.

O diâmetro médio foi de 9,07 cm, sendo o valor máximo registrado igual a 47,7 cm correspondente a *I. microdonta*. Valores altos também foram observados para *Ocotea tristis* (35,6 cm), pela primeira vez registrada em estudos fitossociológicos de formações altomontanas do Paraná, apesar de já citada em levantamento florístico de Scheer e Moccochinski (2009).

A altura máxima do dossel foi de 8,5 metros, porém, a grande maioria dos indivíduos apresentou valores menores, resultando em uma média de 5,0 metros (Figura 6B). Dentre as espécies de maior porte, predominaram *O. tristis*, *I. microdonta*, *M. guianensis* e *S. reitzii* que juntas constituíram um dossel compacto com ausência de indivíduos emergentes. Mesmo com a presença de espécies de menor porte como *Drimys brasiliensis*, *Myrceugenia regnelliana* e *Myrceugenia myrcioides*, um segundo estrato não foi observado.

Morro Taipabuçu

No morro Taipabuçu foram registradas as menores riqueza (19 espécies; 12 famílias) e abundância (183 indivíduos) dentre todos os sítios, incluindo aqueles analisados sobre encostas convergentes. A baixa diversidade é confirmada pelos baixos índices de diversidade de Shannon–Wiener ($H' = 1,68$) e equabilidade de Pielou ($J' = 0,57$), sendo inclusive os menores valores já registrados para as florestas altomontanas do Paraná (RODERJAN, 1994; ROCHA, 1999; PORTES, GALVÃO e KOEHLER, 2001; KOEHLER, GALVÃO e LONGHI, 2002; SCHEER, CURCIO e RODERJAN, 2011; VIEIRA, BLUM e RODERJAN, 2014).

Tabela 7 - Parâmetros fitossociológicos das espécies arbóreas amostradas em encostas divergentes na Floresta Ombrófila Densa Altomontana do morro Taipabuçu, na Serra do Mar do Paraná. Legenda: DA: densidade absoluta; DR: densidade relativa; DoA: dominância absoluta; DoR: dominância relativa; FA: frequência absoluta; PI: porcentagem de importância.

Espécies	DA (ind/ha)	DR (%)	DoA (m ² /ha)	DoR (%)	FA (%)	FR (%)	PI (%)
<i>Ilex microdonta</i>	2040	55,7	26,7	68,5	100,0	18,5	47,6
<i>Siphoneugena reitzii</i>	560	15,3	1,2	3,2	80,0	14,8	11,1
<i>Drimys angustifolia</i>	140	3,8	3,7	9,5	50,0	9,3	7,5
<i>Prunus myrtifolia</i>	200	5,5	0,9	2,3	70,0	13,0	6,9
<i>Weinmannia humilis</i>	160	4,4	3,1	7,9	40,0	7,4	6,6
<i>Myrcia guianensis</i>	100	2,7	0,5	1,2	40,0	7,4	3,8
<i>Symplocos corymboclados</i>	100	2,7	1,2	3,0	20,0	3,7	3,1
<i>Ocotea porosa</i>	100	2,7	0,5	1,2	30,0	5,6	3,1
<i>Clethra uleana</i>	40	1,1	0,5	1,3	10,0	1,9	1,4
<i>Citronella engleriana</i>	40	1,1	0,0	0,1	10,0	1,9	1,0
<i>Eugenia neomyrtifolia</i>	20	0,6	0,2	0,6	10,0	1,9	1,0
<i>Rhamnus sphaerosperma</i>	20	0,6	0,1	0,3	10,0	1,9	0,9
<i>Symplocos incrassata</i>	20	0,6	0,1	0,3	10,0	1,9	0,9
<i>Ocotea tristis</i>	20	0,6	0,1	0,2	10,0	1,9	0,9
<i>Miconia ramboi</i>	20	0,6	0,1	0,2	10,0	1,9	0,9
<i>Ilex chamaedryfolia</i>	20	0,6	0,1	0,1	10,0	1,9	0,8
<i>Leandra hatschbachii</i>	20	0,6	0,1	0,1	10,0	1,9	0,8
<i>Leandra quinqueidentata</i>	20	0,6	0,0	0,1	10,0	1,9	0,8
<i>Myrsine umbellata</i>	20	0,6	0,0	0,1	10,0	1,9	0,8
Total	3.660	100,0	39,0	100,0	-	100,0	100,0

Confirmando o elevado predomínio estrutural típico destas comunidades, *Ilex microdonta* se sobressaiu sobre as demais espécies, com os maiores valores registrados para os parâmetros sociológicos. Encontrada em todas as unidades amostrais, esta espécie contribuiu com 55,7% da comunidade e pouco mais de 68% da área basal total, somando 47,6% do percentual de importância (Tabela 7).

Novamente no segundo lugar em importância, *Siphoneugena reitzii* se destacou principalmente pela alta densidade, porém com valor de PI (11,1 %) relativamente inferior ao registrado para a primeira colocada. Seguindo a ordem de importância, *Drimys angustifolia* aparece com a segunda maior dominância (PI = 7,5) em virtude dos avantajados diâmetros de seus representantes, assim como verificado para *Weinmannia humilis* colocada em quinto lugar em importância (6,57 %).

A densidade total foi 3.660 ind.ha⁻¹ e a área basal igual a 38,95 m²/ha. O diâmetro médio foi de 10,54 cm, com a distribuição diamétrica assumindo a forma exponencial negativa (Figura 7A). Os três maiores diâmetros corresponderam a *I. microdonta*, sendo o valor máximo igual a 29,3 cm.

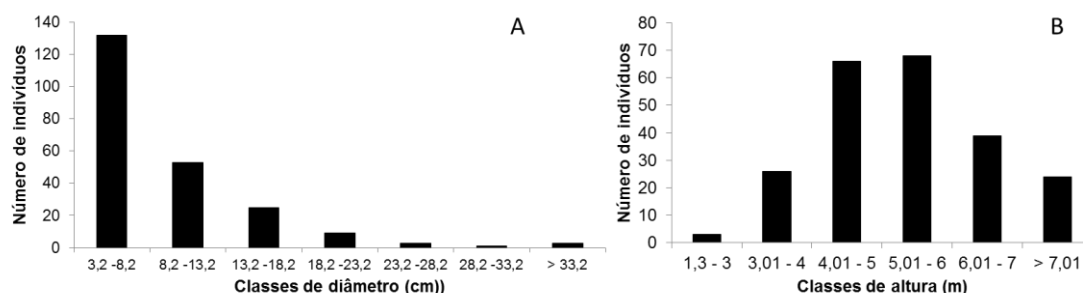


Figura 74 - Histogramas de frequência para as classes de diâmetro (A) e altura (B) dos indivíduos da Floresta Ombrófila Densa Altomontana sobre encostas divergentes do morro Taipabuçu, na Serra do Mar do Paraná.

Predominaram na comunidade indivíduos de baixa estatura, resultando em uma média igual a 5,1 metros, porém, contando com a presença de indivíduos de até sete metros de altura (Figura 7B), constituindo um dossel compacto e composto principalmente por *I. microdonta*, *W. humilis*, *D. angustifolia* e *Symplocos corymboclados*.

Características estruturais e cálculos das estatísticas descritivas

A aplicação do teste de Tukey para as médias das variáveis estruturais demonstrou que apenas a densidade não apresentou diferenças significativas entre os sítios (Tabela 8), com valores variando entre 3.660 a 4.520 ind.ha⁻¹. Conforme descrito anteriormente, valores próximos a 4.000 ind.ha⁻¹ são considerados como indicadores das florestas altomontanas paranaenses (KOEHLER, GALVÃO e LONGHI, 2002), podendo chegar a valores superiores aos 5.000 ind.ha⁻¹, conforme verificado nas serras do Gigante e Capivari por Scheer, Curcio e Roderjan (2011) e Vieira *et al.* (2014), respectivamente. Os resultados do presente estudo indicam que densidades próximos ou superiores aos 4.000 ind.ha⁻¹ são indicativos de comunidades sobre encostas divergentes.

Tabela 2 - Estatísticas descritivas para as variáveis estruturais em três sítios de Floresta Ombrófila Densa Altomontana sobre encostas divergentes na Serra do Mar do Paraná.

Variáveis	Parâmetros	Capivari Grande	Cerro Verde	Taipabuçu	Valor de p	Média geral
Diâmetro	Média (cm)	11,3 a	9,1 b	10,5 ab	0,0175*	13,8
	Coefficiente de variação (%)	15,8	14,0	17,7		21,9
	Erro amostral relativo (%)**	11,3	10,0	12,7		7,8
Altura	Média (m)	5,5 a	5,0 b	5,1 b	0,0124*	5,0
	Coefficiente de variação (%)	5,9	8,1	4,5		8,5
	Erro amostral relativo (%)**	4,3	5,8	3,2		3,2
Densidade	Média (ind.ha ⁻¹)*	4.260 a	4.520 a	3.660 a	0,1533 ^{ns}	4600
	Coefficiente de variação (%)	29,9	12,4	26,9		25,0
	Erro amostral relativo (%)**	21,4	8,8	19,2		9,3
Área basal	Média (m ² /ha)	53,6 a	42,0 ab	38,9 b	0,0353*	44,8
	Coefficiente de variação (%)	26,0	33,5	23,1		28,1
	Erro amostral relativo (%)**	18,7	23,8	16,9		10,0

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste t, a 95% de probabilidade.

* 95% de probabilidade de confiança

Para as outras variáveis as maiores diferenças são associadas ao morro Capivari Grande, se destacando dos demais sítios pelos maiores valores de DAP, altura e área basal, sendo esta última inclusive o maior valor já registrado em florestas altomontanas do Paraná (RODERJAN, 1994; ROCHA, 1999; PORTES, GALVÃO e KOEHLER, 2001; KOEHLER, GALVÃO e LONGHI, 2002; SCHEER, CURCIO e RODERJAN, 2011; VIEIRA, BLUM e RODERJAN, 2014). Para o DAP médio, apesar do morro Cerro Verde apresentar o maior valor entre os sítios (DAP = 47,7 cm), sua média foi

significativamente inferior à registrada no morro Capivari Grande ($p < 0,05$), com seus valores de erros amostrais relativos próximos dos 10% em todos os sítios e abaixo deste valor para a média geral (Tabela 8).

Assim como para o DAP, os valores de altura média também foram significativamente superiores no morro Capivari Grande ($p < 0,05$), sendo esta variável a que apresentou os menores valores de erros amostrais, ficando acima de 5% apenas para o morro Cerro Verde, conforme verificado na Tabela 8.

Com relação à área basal, diferenças significativas foram detectadas entre os morros Capivari Grande e Taipabuçu, sendo o primeiro responsável pelo maior valor já registrado no Paraná. Dentre todas as variáveis estruturais, esta foi a que apresentou os maiores erros amostrais entre os sítios, apesar de ficar ligeiramente acima dos 10% para a média geral.

Comparação entre as duas feições analisadas

A construção de dendrogramas a partir dos parâmetros sociológicos obtidos para cada sítio demonstrou uma tendência de agrupamento daqueles localizados sobre a mesma condição topográfica, além de destacar a alta similaridade entre os morros Capivari Grande e Taipabuçu para todos os parâmetros avaliados (Figura 8).

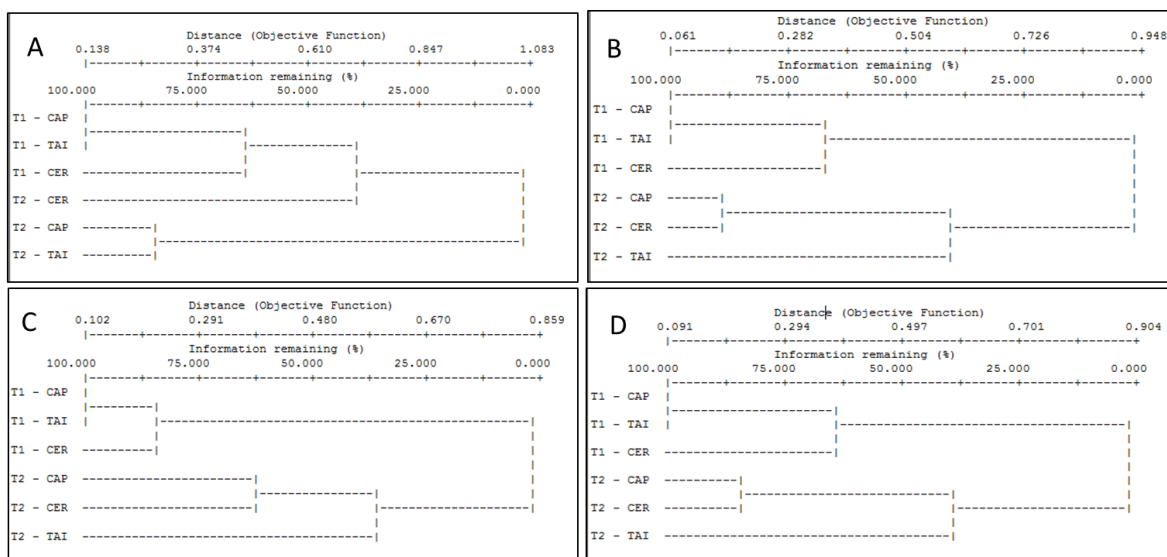


Figura 8 – Dendrogramas construídos em função dos valores relativos de densidade (A), dominância (B), frequência (C) e porcentagem de importância (D), para as espécies registradas em seis sítios com florestas altomontanas na Serra do Mar do Paraná. Legenda: T1 = encostas convergentes; T2 = encostas divergentes; R1 = morro Capivari Grande; R2 = morro Cerro Verde e; R3 = morro Taipabuçu.

Para os valores relativos de dominância, frequência e percentual de importância (Figura 8B, C e D) os agrupamentos confirmaram a influência da topografia sobre a estrutura da floresta. Já para a densidade relativa (Figura 8A), a elevada contribuição de *Myrcia guianensis* na encosta divergente do morro Cerro Verde influenciou na separação deste sítio de seu conjunto correspondente, sendo esta espécie registrada em todas as unidades amostrais, porém com maior expressividade nas encostas convergentes.

CONCLUSÕES

Diferenças nos padrões fitossociológicos das florestas altomontanas foram detectadas e relacionadas à mudança nas condições topográficas, sendo o grau de heterogeneidade determinado pelo nível de restrição imposto pelo ambiente.

Sobre encostas convergentes as florestas são compostas por indivíduos mais desenvolvidos e com ocorrência de até dois estratos, predominando no superior *Ocotea porosa*, *Myrcia guianensis* e *Calypttranthes obovata* e no inferior *Myrceugenia regnelliana*, *M. myrcioides* e *M. pilotantha*.

Sobre encostas divergentes as condições ambientais mais restritivas limitam o desenvolvimento dos indivíduos, que formam apenas um estrato vertical, sendo as comunidades caracterizadas pelo predomínio estrutural de poucas espécies, com as maiores contribuições correspondentes a *Ilex microdonta* e *Siphoneugena reitzii*.

Além da maior uniformidade, florestas sobre encostas convergentes apresentaram maior diversidade em resposta da distribuição mais uniforme de seus indivíduos, sendo isto diretamente associado a condições ambientais menos restritivas do que quando localizadas sobre encostas divergentes.

REFERÊNCIAS

ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society**, Londres, v. 161, p. 105 - 121, 2009.

- BLUM, C. T.; RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F. O clima e sua influência na distribuição da Floresta Ombrófila Densa na serra da Prata, Morretes, Paraná. **Floresta**, Curitiba, v. 41, p. 589 - 598, 2011.
- BROTTO, M. L.; CERVI, A. C.; SANTOS, E. P. O gênero *Ocotea* (Lauraceae) no estado do Paraná, Brasil. **Rodriguésia**, 64(3): 495-525. 2013.
- CABACINHA, C.D.; CASTRO, S.S. Estrutura diamétrica e estado de conservação de fragmentos florestais no cerrado brasileiro. **Floresta e Ambiente**; 17(1):51-62; 2010.
- CHAVES, A. D. C. G.; SANTOS, R. M. S.; SANTOS, J. O.; FERNANDES, A. A.; MARACAJÁ, P. B. A importância dos levantamentos florístico e fitossociológicos para a conservação e preservação das florestas. ACSA – **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 9, n. 2, p. 43-48, abr - jun, 2013.
- DAUBENMIRE, R. **Plant communities**. New York: Harper & Pro. Pub., 1968. 300p.
- DOUMENGE, C.; GILMOR, D.; PEREZ, M. R.; BLOCKHUS, J. Tropical Montane Cloud Forests: conservation status and management issues. In: HAMILTON, L. S.; JUVIK, J. O.; SCATENA, F. N. **Tropical montane cloud forests**. New York, 1995. p. 24 - 37.
- FREITAS, W. K.; MAGALHÃES, L. M. S. Métodos e parâmetros para estudo da vegetação com ênfase no estrato arbóreo. **Floresta e Ambiente**, out./dez.; 19(4):520-540. 2012.
- INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Cartas climáticas do estado do Paraná**. IAPAR. Documento, 18. Londrina, PR, Brasil. 49 p. 1994.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. v.2. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 275 p.
- INSTITUTO DE TERRAS CARTOGRAFIA E GEOCIÊNCIAS – ITCG. **Mapa das Formações Fitogeográficas do Estado do Paraná**. 2009. Disponível em: <http://www.itcg.pr.gov.br>. Acesso em: mar/2015
- KOEHLER, A.; GALVÃO, F.; LONGHI, S. J. Floresta Ombrófila Densa Altomontana: Aspectos florísticos e estruturais de diferentes trechos na serra do Mar, PR. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 2, p. 27 - 39, 2002.
- MAACK, R. **Geografia física do estado do Paraná**. Curitiba: M. Roesner, 1968. 350 p.
- MAGURRAN, A. E. **Ecological diversity and its measurement**. Princeton, Princeton University Press, 1988.

MEIRELES, L. D.; SHEPHERD, G. J.; KINOSHITA, L. S. Variações na composição florística e na estrutura fitossociológica de uma Floresta Ombrófila Densa Alto-montana na Serra da Mantiqueira, Monte Verde, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, v 31, n. 4. 2008. , p. 559 - 574.

MINEROPAR. Minerais do Paraná, 2001. **Atlas Geológico do Estado do Paraná** - Escala base 1: 500.000; Curitiba, 210p. Disponível em: <http://www.mineropar.pr.gov.br/arquivos/File/MapasPDF/atlasgeo.pdf>. Acesso em: 05/09/2015.

MUELLER-DOMBOIS, D. & ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1974. 547 p.

PEREIRA-SILVA, E.F.L. 2004. Alterações temporais na distribuição dos diâmetros de espécies arbóreas. **Dissertação**. Unicamp, Campinas.

PORTES, M. C. G. de O.; GALVÃO, F.; KOEHLER, A. Caracterização florística e estrutural de uma Floresta Ombrófila Densa Altomontana do morro do Anhangava, Quatro Barras, PR. **Floresta**, Curitiba, v. 31, n. 1/2, p. 9 - 18, 2001.

ROCHA, M. do R. L. Caracterização fitossociológica e pedológica de uma Floresta Ombrófila Densa Altomontana no Parque Estadual Pico do Marumbi, Morretes, PR. 81 f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999.

RODERJAN, C. V. A Floresta Ombrófila Densa Altomontana do morro do Anhangava, Quatro Barras, PR - Aspectos climáticos, pedológicos e fitossociológicos. 119 f. **Tese** (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1994.

RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; HATSCHBACH, G. G. As unidades fitogeográficas do estado do Paraná, Brasil. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 13, n. 24, p. 75 - 92, 2002.

SCHEER, M. B.; MOCOCHINSKI, A. Y.. Florística vascular da Floresta Ombrófila Densa Altomontana de quatro serras no Paraná. **Biota Neotropica**, v. 9, n. 2, p. 51-70, 2009.

SCHEER, M. B.; MOCOCHINSKI, A. Y.; RODERJAN, C. V. Estrutura arbórea da Floresta Ombrófila Densa Altomontana de serras do Sul do Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, Feira de Santana, v. 25, n. 4, p. 735 - 750, 2011.

SHEPHERD, G. J. **Fitopac II** – Versão 2.1. Campinas: UNICAMP, 2010.

VASHCHENKO, Y.; PIOVESAN, R. P.; LIMA, M. R.; FAVARETTO, N. Solos e vegetação dos Picos Camacuã, Camapuã e Tucum – Campina Grande Do Sul-PR. **Sci. Agr.**, 8: 411-419, 2007.

VALENTIN, J. L. Ecologia numérica: uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos. **Interciência**, Rio de Janeiro, 2000.

VIEIRA, R.S.; BLUM, C.T.; RODERJAN, C.V. Caracterização florística e estrutural de uma Floresta Ombrófila Densa Altomontana na serra do Capivari, Campina Grande do Sul, Paraná. **Floresta**, Curitiba, v. 44, n. 4, p.565 - 576, 2014.

SOUZA, P. B.; SOUZA, A. L.; NETO, J. A. A. M. Estrutura diamétrica dos estratos e grupos ecológicos de uma área de Floresta Estacional Semidecidual, em Dionísio, MG. **Revista Árvore**, Viçosa - MG, v.36, n.1, p.151-160, 2012.

CAPÍTULO IV

INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES GEOMÓRFICAS SOBRE ASPECTOS ESTRUTURAIS DE FLORESTAS ALTOMONTANAS NA SERRA DO MAR PARANAENSE

RESUMO

Este estudo teve como objetivos caracterizar e comparar a estrutura de florestas altomontanas localizadas em diferentes tipos de encostas e analisar a influência da topografia sobre seus parâmetros estruturais na Serra do Mar no Paraná. Foram analisadas três áreas com florestas altomontanas, nas quais foram alocadas 20 parcelas de 5x10 m², sendo 10 sobre encostas convergentes e 10 sobre encostas divergentes. Foram identificadas todas as árvores com perímetro à altura do peito (PAP) \geq 10 cm. Em termos estruturais, Myrtaceae foi à família de maior destaque, principalmente sobre encostas convergentes onde representou mais da metade da comunidade. Por outro lado, para encostas divergentes foram verificadas grandes contribuições correspondentes à Aquifoliaceae, principalmente associadas a *Ilex microdonta*, espécie de maior importância estrutural neste compartimento. Sobre encostas convergentes, *Ocotea porosa* foi à espécie de maior destaque. Segundo os parâmetros analisados, diferenças significativas entre os tipos de encostas foram detectadas para as médias de diâmetro, altura e densidade. No geral, florestas sobre encostas convergentes apresentaram-se mais desenvolvidas, constituídas por indivíduos de maior porte e com diâmetros avantajados, enquanto que para encostas divergentes, as condições ambientais mais restritivas limitam o desenvolvimento dos indivíduos, sendo estas compostas por indivíduos de pequeno porte e com diâmetros raramente superiores aos trinta centímetros.

Palavras-chave: Fitossociologia, floresta nebulosa, tipos de encosta

ABSTRACT

This study aimed to characterize and compare the sociological structure of altomontane forests located in different types of slopes, and analyze the influence of topography on the main structural parameters of altomontane forests in the Serra do Mar mountain range, in Parana state. Three areas were analyzed with altomontane forests, in which

there were allocated 20 plots of 5x10 m², 10 on convergent slopes and 10 on divergent slopes. There were registered all trees with circumference at breast height (PAP) ≥ 10 cm. Structurally, Myrtaceae was the most prominent family, especially on convergent slopes, where this species represented more than half of the community. On the other hand, for divergent slopes there were recorded great contributions of Aquifoliaceae, mainly due to *Ilex microdonta*, species with the greater structural importance in this compartment. About convergent slopes, *Ocotea porosa* was the most prominent species. According to the analyzed parameters, significant differences between the two types of slopes were detected to the average values of diameter, height and density. Overall, forests of convergent slopes presented more development, consisting of larger individuals with oversized diameter, while for divergent slopes more restrictive environmental conditions limit the development of individuals, which are composed of small trees and diameters rarely exceeding thirty centimeters.

Keywords: Phytosociology, cloud forest, slope forms

INTRODUÇÃO

O conhecimento atual sobre as florestas altomontanas do Paraná revela uma fitofisionomia caracterizada pelos rigorismos ambientais existentes em altitudes elevadas, sendo refletida em um conjunto de características estruturais peculiares, facilmente discerníveis entre outras formações florestais subjacentes. Além dos fatores climáticos, a elevação da altitude condiciona restrições aos processos pedogenéticos e, consequentemente, ao desenvolvimento da vegetação (STADTMÜLLER, 1987).

Classificada como Floresta Ombrófila Densa Altomontana pelo Manual Técnico da Vegetação Brasileira (IBGE, 2012), trata-se de uma comunidade florestal constituída basicamente por indivíduos arbóreos de pequeno porte, raramente superiores a oito metros de altura, com fustes finos, tortuosos e recobertos por uma grande quantidade de epífitas avasculares (HUECK, 1972; RODERJAN, 1994; DOUMENGE *et al.*, 1995).

Uma alta densidade de indivíduos é observada, podendo tal variável ser utilizada como critério de referência para a delimitação de ocorrência desta formação no Estado, onde as florestas altomontanas geralmente apresentam valores próximos ou superiores a 4.000 ind.ha⁻¹, para um PAP igual ou superior a 10 cm (KOEHLER, GALVÃO e LONGHI, 2002).

Assim como a densidade, a dominância também é elevada sendo esta uma característica comum às florestas do sul do Brasil (MEIRELES, SHEPHERD e KINOSHITA, 2008). Para as florestas paranaenses, são comuns os casos onde as cinco espécies de maior importância contribuem com mais de 50% dos valores de densidade e até mais de 80% da dominância (ROCHA, 1999; KOEHLER, GALVÃO e LONGHI, 2002; SCHEER, CURCIO e RODERJAN, 2011; VIEIRA, BLUM e RODERJAN, 2014), não sendo raro apenas a espécie principal ser responsável por mais da metade do valor correspondente para esta última variável (RODERJAN, 1994; KOEHLER, GALVÃO e LONGHI, 2002).

Apesar do grande número de estudos desenvolvido nas últimas décadas procurando descrever os componentes florísticos (SCHEER e MOCOCHINSKI, 2009) e fitossociológicos das florestas altomontanas paranaenses (RODERJAN, 1994; ROCHA, 1999; PORTES, GALVÃO e KOEHLER, 2001; KOEHLER, GALVÃO e LONGHI, 2002; SCHEER, CURCIO e RODERJAN, 2011; VIEIRA, BLUM e RODERJAN, 2014), poucos fazem inferência aos aspectos relacionados à topografia local e a sua influência sobre a estrutura destas comunidades.

Algumas informações são obtidas nos estudos de Rocha (1999) que associou a presença de solos rasos com características epigleicas, encontrados nos fundos de vales das florestas altomontanas na serra do Marumbi, aos baixos valores registrados para densidade e área basal da comunidade arbórea. Estes resultados foram corroborados pelo Vaschenko *et al.* (2007), que destacam a ocorrência de florestas mais complexas e desenvolvidas em condições de fundo de vales no morro Tucum, o que foi associado à presença de solos mais profundos e com maior saturação por bases pelos autores.

Procurando investigar as relações existentes entre aspectos topográficos e a estrutura da Floresta Ombrófila Densa Altomontana do Paraná, este estudo teve como objetivos: 1) comparar a estrutura sociológica de florestas altomontanas localizadas em dois tipos de encostas; 2) analisar a influência das feições geomórficas sobre os principais parâmetros estruturais e, 3) comparar os resultados encontrados com outros estudos desenvolvidos no Paraná.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

Foram amostrados três sítios de florestas altomontanas localizados em três montanhas que integram o Complexo da Serra do Mar no Paraná, conhecidos regionalmente como morros Capivari Grande (1.621 m.s.n.m.), Cerro Verde (1.652 m.s.n.m.) e Taipabuçu (1.709 m.s.n.m.). A escolha dos sítios levou em consideração a presença de florestas com as características típicas da Floresta Ombrófila Densa Altomontana, localizadas acima de 1.500 m.s.n.m. e inseridas sobre o mesmo embasamento geológico, no caso o granito Graciosa (MINEROPAR, 2001) (Figura 1).

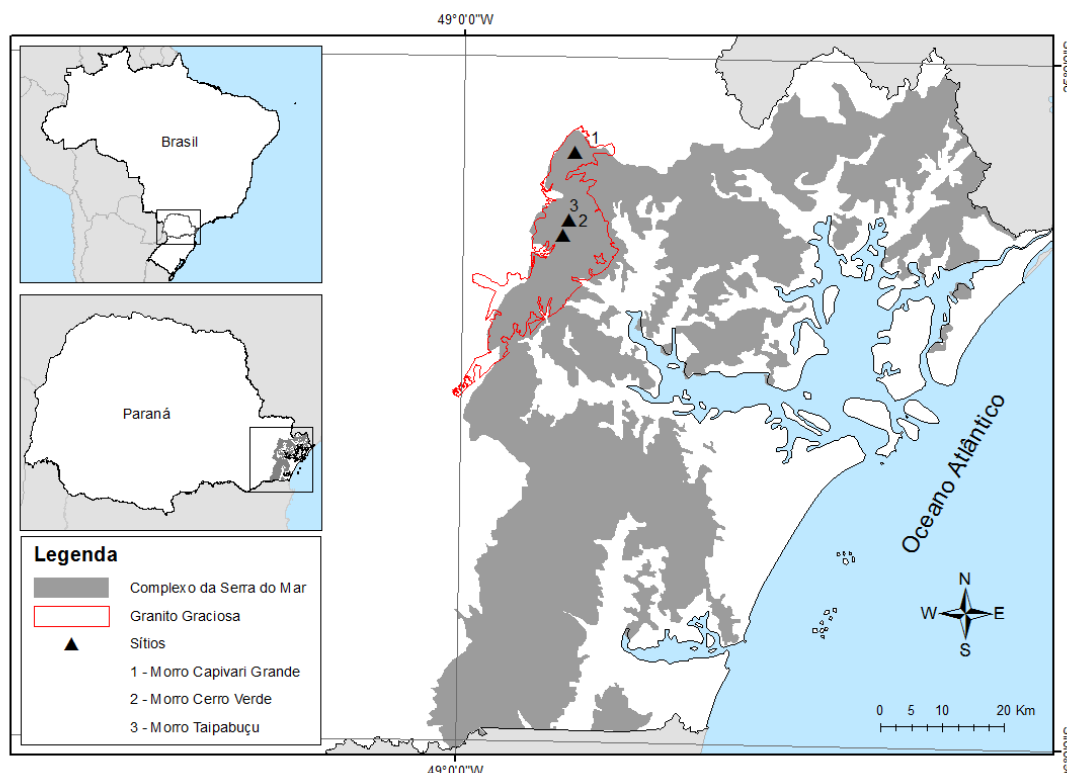


Figura 1 - Localização das áreas de estudo na Serra do Mar do estado do Paraná, destacando a ocorrência do Granito Graciosa. Fonte: MINEROPAR, 2001; ITCG, 2009.

De acordo com a classificação climática de Koeppen, o clima da região é do tipo Cfb, subtropical sempre úmido, com verões frescos, geadas frequentes e sem estação seca definida (INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ, 1994), o qual tem sua ocorrência restrita no Estado a níveis altitudinais superiores aos 800 m s.n.m. (MAACK, 1968; BLUM, RODERJAN e GALVÃO, 2011).

Procedimentos amostrais

Para cada área foram alocadas vinte unidades amostrais de 50 m² (5 x 10 m), sendo dez em florestas sobre encostas convergentes e as outras dez em encostas divergentes, totalizando 1.500 m² para cada tipo de encosta. Dentro de cada unidade amostral foram identificados todos os indivíduos com perímetro à altura do peito (PAP) igual ou superior a 10 cm ($DAP \geq 3,18$ cm), sendo as informações obtidas em campo anotadas em uma ficha, contendo a identificação, o PAP, a posição sociológica e o valor estimado da altura total.

A determinação das espécies foi realizada com o uso de chaves de identificação, comparação com material dos herbários Museu Botânico Municipal (MBM) e Escola de Florestas Curitiba (EFC) e consultas a especialistas. Utilizou-se a classificação taxonômica proposta pelo *Angiosperm Phylogeny Group* (APG III, 2009) para o reconhecimento das famílias de angiospermas. O material de referência foi incorporado ao acervo do Herbário EFC.

Para caracterização sociológica foram calculados os parâmetros descritos por Mueller-Dombois e Ellenberg (1974), além dos índices de diversidade de Shannon–Wiener (H') e equabilidade de Pielou (J') para verificar a heterogeneidade florística (MAGURRAN, 1988) entre os tipos de encostas. Todos os cálculos foram realizados no software FITOPAC II (SHEPHERD, 2010).

A estrutura florestal de cada tipo de encosta foi comparada através dos cálculos das estatísticas descritivas e erros amostrais para as médias das variáveis diâmetro, altura, densidade e área basal, sendo os resultados comparados pelo teste de Tukey ao nível de 95% probabilidade.

Uma análise de agrupamentos foi executada para verificar a similaridade estrutural das comunidades analisadas no presente estudo com outros onze sítios de florestas altomontanas do Paraná (RODERJAN, 1994; ROCHA, 1999; PORTES, GALVÃO e KOEHLER, 2001; KOEHLER, GALVÃO e LONGHI, 2002; SCHEER, CURCIO e Roderjan, 2011; VIEIRA, BLUM e Roderjan, 2014). A matriz utilizada foi constituída pelos valores de porcentagem de importância das dez espécies principais de cada sítio, sendo o agrupamento construído pelo método de médias aritméticas não ponderadas (UPGMA), com a utilização do índice de Jaccard como medida métrica. Os cálculos foram realizados através do programa PC-ORD 6.0 (MCCUNE e MEFFORD, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No total foram registrados 916 indivíduos com DAP $\geq 3,18$ cm, distribuídos em 48 espécies, 27 gêneros e 18 famílias botânicas, sendo uma pteridófito e as restantes angiospermas. Em termos de riqueza, as famílias que mais se destacaram foram Myrtaceae (vinte espécies e sete gêneros), Melastomataceae (quatro spp. e dois gên.), Lauraceae (três spp. e um gên.) e Aquifoliaceae (três spp. e um gên.), enquanto que as mais abundantes foram Myrtaceae, Aquifoliaceae e Lauraceae, com a primeira representando mais de 46% da população total (Tabela 1).

Tabela 1- Principais famílias registradas sobre as encostas convergentes e divergentes na Serra do Mar do Paraná. Legenda: N° spp = número de espécies; % indiv = porcentagem de indivíduos.

Família	Encostas convergentes		Encostas divergentes		Total geral	
	N° spp	% indiv (n = 294)	N° spp	% indiv (n = 622)	N° spp	% indiv (n = 916)
Myrtaceae	17	68,7	16	36,3	20	46,7
Melastomataceae	1	0,7	4	0,6	4	0,7
Lauraceae	2	10,9	3	5,9	3	7,5
Aquifoliaceae	2	3,4	2	32,8	3	23,4
Winteraceae	2	2,7	2	3,4	2	3,2
Symplocaceae	1	0,3	2	1,6	2	1,2
Asteraceae	2	3,7	1	0,2	2	1,3
Cunoniaceae	2	1,7	1	1,6	2	1,6
Bignoniaceae	1	0,7	1	8,2	1	5,8
Cardiopteridaceae	1	1,4	1	3,5	1	2,8
Outras 8 famílias	6	5,8	7	5,8	8	5,8
TOTAL	37	100,0	40	100,0	48	100,0

Sobre encostas convergentes Myrtaceae contribuiu com 68,7% da população, sendo representada por 17 espécies e sete gêneros. Lauraceae também se destacou, mesmo representada por apenas duas espécies, contribuiu com 10,9% do número total de indivíduos registrados em neste compartimento (Tabela 1).

Nas encostas divergentes, novamente Myrtaceae foi a família mais abundante, porém com valor relativamente inferior ao registrado na outra condição analisada, contribuindo com 36,3% da população. Esta redução do número de indivíduos foi

associada à destacada presença de Aquifoliaceae neste compartimento, a qual mesmo representada por apenas duas espécies contribuiu com aproximadamente 33% da população (Tabela 1). O predomínio destas duas famílias também foi observado em outros estudos, sendo inclusive consideradas como as famílias mais importantes nas florestas altomontanas no Paraná (RODERJAN, 1994; ROCHA, 1999; PORTES, GALVÃO e KOEHLER, 2001; KOEHLER, GALVÃO e LONGHI, 2002; SCHEER, CURCIO e Roderjan, 2011; VIEIRA, BLUM e Roderjan, 2014).

Comparado com outros estudos, ambos os compartimentos topográficos apresentaram elevada riqueza, totalizando 37 espécies nas encostas convergentes e 40 sobre encostas divergentes (Tabela 1), das quais 60,4% ($n = 29$ spp.) foram compartilhadas. As espécies exclusivas do primeiro representaram pouco mais de 16% do total ($n = 8$ spp), enquanto que para o segundo, estas representaram 22,5% do total ($n = 11$ spp).

Outra tendência verificada nos estudos em florestas altomontanas paranaenses é a alta dominância, sendo comum poucas espécies representarem mais da metade dos indivíduos da comunidade (KOEHLER, GALVÃO e LONGHI, 2002; SCHEER, CURCIO e Roderjan, 2011; VIEIRA, BLUM e Roderjan, 2014). Em alguns casos a dominância é tão pronunciada que as três principais chegam a representar mais de 50% do percentual de importância, conforme verificado no morro Anhangava por Roderjan (1994) e Portes, Galvão e Koehler (2001). Corroborando estes estudos, elevadas dominâncias foram registradas para ambos os compartimentos topográficos, porém com menor intensidade nas encostas convergentes onde as cinco espécies principais representaram 51,8% do percentual de importância (PI) (Tabela 2).

Ainda sobre as encostas convergentes, a espécie de maior importância foi *Ocotea porosa* que apesar de não apresentar o maior valor de densidade, foi registrada em 60% das unidades amostrais e contribuiu com 26,4% da dominância total, resultando em uma PI = 15,3% (Tabela 2). Grandes valores de importância para esta espécie também foram registrados por Rocha (1999) e Koehler, Galvão e Longhi (2002) nos morros do Marumbi e Araçatuba, respectivamente, sendo nestas ocasiões classificada como *Ocotea catharinensis*, conforme destacado em Vieira, Blum e Roderjan (2014) com base em Brotto, Cervi e Santos (2013). Vale ressaltar que nos dois estudos supracitados, os autores associaram as áreas de amostragem a condições de fundos de vales, sendo estas próximas às verificadas nas encostas convergentes do presente estudo.

Tabela 2 – Parâmetros fitossociológicos das cinco espécies de maior importância para encostas convergentes e divergentes em três montanhas da Serra do Mar do Paraná. Legenda: DA = densidade absoluta; DR = densidade relativa; DoA = dominância absoluta; DoR = densidade relativa; FA = frequência absoluta; FR = frequência relativa; PI = percentual de importância.

	Família	Espécie	DA (ind.ha ⁻¹)	DR (%)	DoA (m ² .ha ⁻¹)	DoR (%)	FA (%)	FR (%)	PI (%)
T1–encostas convergentes	Lauraceae	<i>Ocotea porosa</i>	200,0	10,2	11,6	26,4	60,0	9,4	15,3
	Myrtaceae	<i>Myrcia guianensis</i>	200,0	10,2	9,1	20,7	50,0	7,8	12,9
	Myrtaceae	<i>Calyptanthus obovata</i>	193,3	9,9	3,5	7,9	50,0	7,8	8,5
	Myrtaceae	<i>Myrceugenia regnelliana</i>	260,0	13,3	0,8	1,9	63,3	9,9	8,3
	Myrtaceae	<i>Siphoneugena reitzii</i>	126,7	6,5	3,0	6,8	46,7	7,3	6,8
		Outras 32 espécies	980,2	50,0	15,9	36,4	370,0	57,8	48,1
		Total	1.960,2	100,0	43,8	100,0	640,0	99,9	100,0
T2–encostas divergentes	Aquifoliaceae	<i>Ilex microdonta</i>	1220,0	29,4	20,1	44,9	96,7	12,3	28,9
	Myrtaceae	<i>Siphoneugena reitzii</i>	760,0	18,3	6,4	14,2	86,7	11,1	14,5
	Myrtaceae	<i>Myrcia guianensis</i>	300,0	7,2	2,4	5,4	56,7	7,2	6,6
	Bignoniaceae	<i>Handroanthus catarinensis</i>	340,0	8,2	1,3	2,8	50,0	6,4	5,8
	Aquifoliaceae	<i>Ilex chamaedryfolia</i>	140,0	3,4	1,8	4,0	36,7	4,7	4,0
		Outras 35 espécies	1386,9	33,4	12,8	28,7	456,7	58,4	40,1
		Total	4.146,9	100,0	44,8	100,0	783,4	100,1	100,0

Ocorrendo predominantemente no subosque, *Myrceugenia regnelliana* foi a espécie mais abundante nas encostas convergentes, chegando a contribuir com 13,3% da densidade de indivíduos que juntos representaram apenas 1,9% da dominância total (Tabela 2). A ocorrência expressiva desta espécie marca a presença de um segundo estrato florestal, frequentemente associada a outras de menor porte como *Myrceugenia myrcioides* e *Drimys brasiliensis*, além de indivíduos jovens de *S. reitzii*, *Handroanthus catarinensis* e *Myrcia guianensis*.

Por muito tempo a presença de um único estrato foi considerada como uma das principais características das florestas altomontanas do Paraná (RODERJAN, 1994; PORTES, GALVÃO e KOEHLER, 2001; KOEHLER, GALVÃO e LONGHI, 2002; SCHEER, CURCIO e Roderjan, 2011; VIEIRA, BLUM e Roderjan, 2014), sendo a presença de um subosque descrita apenas por Rocha (1999) no Pico do Marumbi.

Em florestas altomontanas de Monte Verde, no estado de Minas Gerais, Meireles *et al.* (2008) registraram a presença de dois estratos em florestas localizadas em um vale com altitude de 1.820 m.s.n.m., com os indivíduos atingindo até 14 m de altura. Sobre topos de morro, com altitude de 1.940 m.s.n.m., estes autores registraram a presença de

apenas um estrato florestal, com altura inferior a 9,0 metros. De forma análoga, os resultados obtidos no presente estudo demonstraram a existência de subosque apenas em florestas localizadas sobre encosta convergente, associado diretamente ao maior desenvolvimento dos indivíduos em resposta às condições ambientais menos restritivas do que quando localizado sobre encostas divergentes.

Nas encostas divergentes o predomínio estrutural foi acentuado, com as cinco espécies de maior importância contribuindo com 66,5% da densidade arbórea e mais de 71% da dominância total. Neste segmento, *Ilex microdonta* foi a espécie de maior importância, apresentando os maiores valores para todos os parâmetros sociológicos analisados e não sendo registrada apenas em uma unidade amostral, chegando a contribuir com 44,9% da dominância total e quase 30% da importância estrutural (Tabela 2). Altos valores de importância para esta espécie também foram verificados nos estudos de Roderjan (1994), Portes, Galvão e Koehler (2001) e Koehler, Galvão e Longhi (2002) chegando a ser considerada juntamente com *Siphoneugena reitzii*, como as espécies mais indicadoras desta formação no estado do Paraná (SCHEER, CURCIO e RODERJAN, 2011; VIEIRA, BLUM e RODERJAN, 2014).

As curvas de *ranking*/abundância apresentadas na Figura 2 ilustraram as diferenças relativas entre as contribuições das espécies nas encostas convergentes (A) e divergentes (B), em ordem decrescente de abundância, destacando as posições das duas principais em cada situação. Apesar de o conjunto florístico ser relativamente homogêneo, as abundâncias das espécies sofreram alterações de acordo com o compartimento topográfico, sendo detectadas diferenças significativas entre as curvas das encostas convergente e divergente (Figura 2) para o teste de significância de Kolmogorov-Smirnov ($D = 0,2428$; $p < 0,01$). Alterações estruturais também são destacadas por Scheer, Curcio e Roderjan (2011) para trechos de florestas altomontanas paranaenses com elevada similaridade florística, sendo associadas pelos autores ao alto grau de heterogeneidade ambiental existente nos ambientes altomontanos.

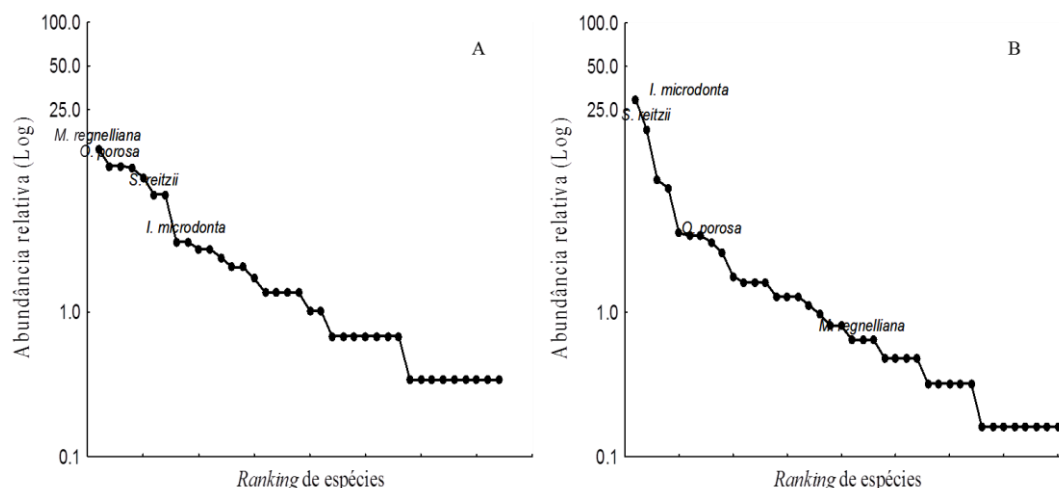


Figura 2 - Curvas de Ranking / abundância para florestas altomontanas localizadas em encostas convergentes (A) e divergentes (B) na Serra do Mar do Paraná.

Aproximadamente 43% das espécies das encostas convergentes apresentaram valores de abundância inferiores a 1%, enquanto que nas encostas divergentes, este número chegou a 55% do total. Corroborando ao verificado anteriormente, a maior dominância foi verificada nas encostas divergentes indicado pela maior inclinação da curva na Figura 2B (MAGURRAN e VIANNA, 2011), com as duas espécies de maior importância (*I. microdonta* e *S. reitzii*) perfazendo mais de 50% da densidade total. Como comparação, nas encostas convergentes as duas espécies mais abundantes representaram pouco mais de 23% (Figura 2A), sendo necessária a soma das abundâncias das cinco espécies principais para se atingir metade da população.

Conforme destacado anteriormente, *I. microdonta* foi a espécie de maior importância estrutural nas encostas divergentes, onde contribuiu com 29,4% da densidade. Sua grande preferência para florestas localizadas sobre encostas divergentes foi confirmada pelas baixas contribuições correspondentes a esta espécie nas encostas convergentes, onde representou apenas 3% dos indivíduos. Desta forma, uma análise nas contribuições de densidade associadas a *I. microdonta* em diferentes sítios de florestas altomontanas no Paraná permite inferir que grande parte dos estudos foram desenvolvidos sobre encostas divergentes, com contribuições acima de 20% para esta variável verificadas nos morros Anhangava, Capivari Grande, Mãe Catira, Salto e Vigia (RODERJAN, 1994; PORTES, GALVÃO e KOEHLER, 2001; KOEHLER, GALVÃO e LONGHI, 2002; VIEIRA, BLUM e RODERJAN, 2014).

Aproximadamente 68% dos indivíduos foram registrados nas encostas divergentes, conferindo a este compartimento uma densidade de 4.147 ind.ha⁻¹ para um

DAP $\geq 3,18$ cm (Tabela 3). Para as encostas convergentes a densidade foi igual a 1.960 ind.ha⁻¹, sendo inclusive o menor valor já registrado em florestas altomontanas do Paraná, que até então pertenciam ao morro Araçatuba (KOEHLER, GALVÃO e LONGHI, 2002).

Diferenças estatísticas entre as densidades de encostas convergentes e divergentes foram confirmadas pelos testes de Tukey ($p < 0,05$), com valores significativos ao nível de 95% de probabilidade. O erro amostral relativo verificado para o conjunto total de dados foi superior ao encontrado individualmente para cada compartimento (Tabela 3), indicando a heterogeneidade entre as distribuições dos dois compartimentos e demonstrando a eficiência da estratificação dos conjuntos amostrais ao longo dos gradientes topográficos.

Assim como destacado anteriormente, as maiores contribuições de densidades foram referentes a Aquifoliaceae e Myrtaceae, que juntas representaram mais de 70% da população total (Tabela 1). Grandes contribuições destas famílias também foram verificadas nos estudos de Roderjan (1994), Rocha (1999), Portes, Galvão e Koehler, (2001), Koehler, Galvão e Longhi (2002) e Scheer, Curcio e Roderjan (2011).

Tabela 3 – Estatísticas descritivas para as variáveis estruturais de florestas altomontanas localizadas sobre encostas convergentes e divergentes na Serra do Mar do Paraná. Legenda: Dens = densidade; Dap = diâmetro na altura do peito; Alt = altura; G = área basal. Médias seguidas pelas mesmas letras na vertical, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 95% de probabilidade.

	Dens (ind.ha⁻¹)	DAP (cm)	Altura (m)	Área basal (m²/ha)
Média - Encostas convergentes	1.960 b	13,8 a	6,6 a	43,82 a
Coeficiente de variação (%)	28,9	21,9	13,3	44,5
Erro amostral relativo (%)*	10,8	5,8	5,0	16,6
Média – Encostas divergentes	4.147 a	10,31 b	5,20 b	44,84 a
Coeficiente de variação (%)	24,5	18,1	7,1	13,3
Erro amostral relativo (%)*	9,2	4,8	2,7	11,4
Média Geral	3.053	12,06	6,47	44,34
Coeficiente de variação (%)	44,9	25,3	14,8	37,7
Erro amostral relativo (%)*	11,6	6,5	3,4	9,7

* a 95% de probabilidade de confiança.

A grande representatividade de Aquifoliaceae foi associada diretamente a presença de *Ilex microdonta*, que sozinha correspondeu a aproximadamente 19% do número total de indivíduos registrados no presente estudo ($n = 916$), dos quais mais de 95% ocorreram nas encostas divergentes, onde representaram mais de 26% do total. Em encostas convergentes, esta espécie foi representada por apenas nove indivíduos correspondendo a menos de 1% do total, porém ainda assim assumindo o oitavo lugar em importância ($PI = 3,49\%$) (Tabela 2).

Para Myrtaceae a maior contribuição foi relacionada a *Siphoneugena reitzii*, a qual representou 11,2% da população total, sendo mais de 85% registrados nas encostas divergentes, onde apresentou densidade absoluta igual a 760 ind.ha^{-1} (Tabela 2). Nas encostas convergentes *S. reitzii* também se destacou, porém com valores inferiores ($126,7 \text{ ind.ha}^{-1}$) correspondeu a 6,5% da densidade relativa.

No geral, as florestas localizadas sobre encostas convergentes apresentaram os indivíduos de maior porte, resultando em um DAP médio igual a 13,8 cm, enquanto que sobre encostas divergentes este valor foi igual a 10,3 cm. Diferenças significativas entre os conjuntos de dados para cada tipo de encosta foram confirmadas através do teste de Tukey ($p < 0,01$) (Tabela 3). Para os erros amostrais, os valores registrados em encostas convergentes (5,8%) e divergentes (4,8%) foram inferiores ao verificado para o conjunto de dados totais (6,54%), validando o processo de estratificação. Erros amostrais relativos inferiores a 10% para esta variável também foram registrados em outros estudos (KOEHLER, GALVÃO e LONGHI, 2002), sendo este limite considerado por Vieira *et al.* (2014) como satisfatório para esta formação vegetal, devido à razoável variabilidade estrutural existente em florestas nativas.

O padrão de distribuição diamétrica assumiu a forma exponencial negativa nos dois compartimentos, com as maiores densidades ocorrendo nas classes de menores diâmetros (Figura 3A), padrão mais comum para florestas tropicais naturais (CABACINHA e CASTRO, 2011). Nas duas situações analisadas, as duas primeiras classes agruparam mais de 75% da população, demonstrando que o predomínio de indivíduos com fustes finos não é influenciado pelo posicionamento topográfico. Apenas *O. porosa* (47,8 cm), *I. microdonta* (47,7 cm) e *Myrcia guianensis* (45,2 cm) foram registradas na última classe ($DAP > 40 \text{ cm}$), sendo a primeira e a última em encostas convergentes e, a segunda em sobre encostas divergentes.

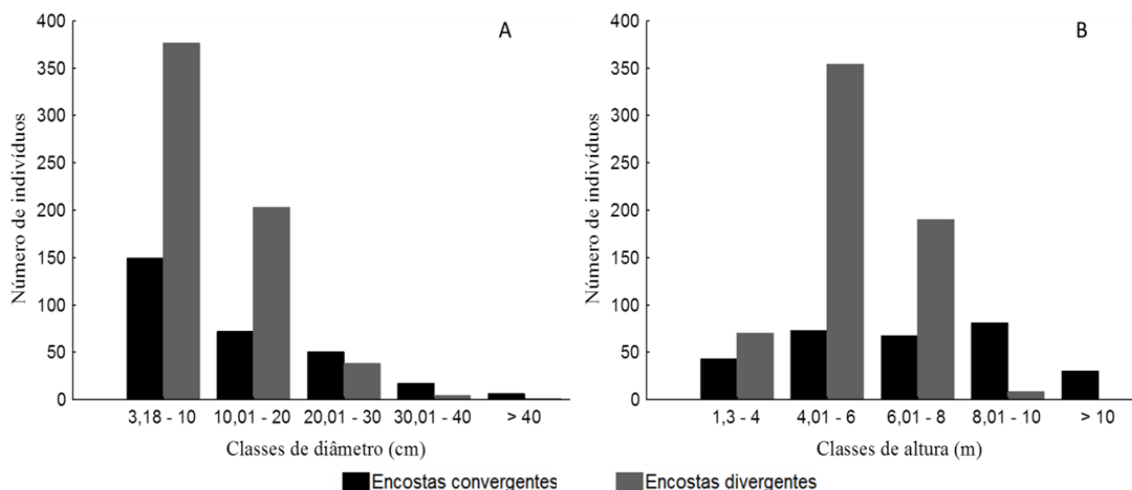


Figura 3 - Histogramas de frequência para as classes de diâmetro (A) e altura (B) dos indivíduos em Floresta Ombrófila Densa Altomontana sobre encostas convergentes (A) e divergentes (B) na Serra do Mar do Paraná.

O histograma de frequências por classes de alturas (Figura 3B) demonstrou comportamentos diferenciados entre os tipos de encostas, sendo verificado para as encostas convergentes uma distribuição mais uniforme entre as classes, com uma grande quantidade de indivíduos superando 8 m de altura. Já para encostas divergentes as maiores densidades se concentraram nas classes centrais, principalmente com alturas entre 4 a 6 metros, sendo este considerado até o momento como o padrão mais comum para as florestas altomontanas do Paraná (PORTES, GALVÃO e KOEHLER, 2001; SCHEER, CURCIO e RODERJAN, 2011; VIEIRA, BLUM e RODERJAN, 2014), porém possivelmente associado a maior incidência de estudos sobre florestas em encostas divergentes.

As florestas sobre encostas convergentes apresentaram altura média significativamente superior à registrada sobre encostas divergentes, detectada através dos testes de Tukey ($p < 0,01$; Tabela 3). Entretanto, mesmo os valores registrados nas encostas divergentes foram considerados elevados perante outros estudos desenvolvidos nas florestas altomontanas do Paraná, sendo valores superiores acima de cinco metros registrados apenas no Marumbi (ROCHA, 1999). Para esta variável, os erros amostrais permaneceram abaixo de 5%, sendo a média geral igual a 6,5 metros.

Dentre todas as variáveis estruturais analisadas a área basal foi a única a não apresentar diferenças estatísticas entre os dois compartimentos, demonstrando que os menores diâmetros registrados nas encostas divergentes são compensados pela alta

densidade de indivíduos, resultando inclusive em valores superiores ao verificado nas encostas convergentes (Tabela 3).

O dendrograma resultante da análise de agrupamentos deu origem a três grupos, com os dois primeiros agrupando a maioria dos sítios de florestas altomontanas do Paraná, enquanto o terceiro foi composto por apenas dois sítios (Figura 4).

A ligação entre os dois primeiros grupos foi associada ao predomínio estrutural de *I. microdonta*, sendo as menores distâncias verificadas entre as serras do Ibitiraquire e da Prata, ambas analisadas por Scheer, Curcio e Roderjan (2011). Junto a estes dois sítios foram agrupados com a comunidade analisada sobre encostas divergentes e as serras da Igreja, Capivari e do Marumbi. Além da elevada importância da espécie supracitada, o agrupamento destes sítios foi associado às importantes contribuições de algumas espécies menos comuns nos demais sítios, como *Drimys angustifolia*, *Myrceugenia seriatoramosa* e *Symplocos corymboclados*.

Ainda influenciado pelo predomínio de *I. microdonta*, o segundo grupo foi constituído pelos estudos desenvolvidos no morro Anhangava por Roderjan (1994) e Portes, Galvão e Koehler (2001), juntamente aos três sítios analisados por Koehler, Galvão e Longhi (2002), nos morros Vigia, Mãe Catira e serra do Salto. O agrupamento destes sítios foi associado às contribuições importantes de algumas espécies menos expressivas no grupo anterior, como *Blepharocalyx salicifolius*, *Drimys brasiliensis* e *Weinmannia humilis*.

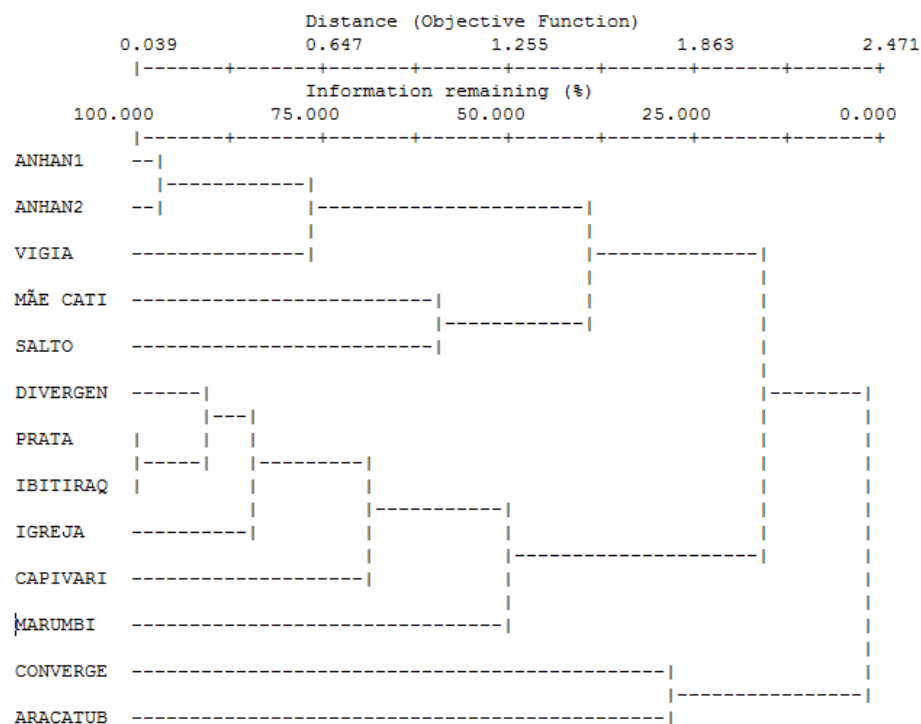


Figura 4 - Dendrograma construído com base no percentual de importância para as principais espécies registradas no presente estudo e outros doze sítios de Floresta Ombrófila Densa Altomontana na serra do Mar do Paraná. Legenda: Converge = encostas convergentes; Divergen = encostas divergentes; Sítios: Anhan 1 = anhangava (RODERJAN, 1994); Marumbi (ROCHA, 1999); Anhan 2 = anhangava (PORTES *et al.*, 2001); Araçatuba, Mãe Catira, Vigia e Salto (KOEHLER *et al.*, 2002); Ibitiraquire, Prata, Igreja e; Capivari (VIEIRA *et al.*, 2014).

Conforme destacado anteriormente, um terceiro grupo também pode ser observado, constituído apenas pela serra do Araçatuba e a comunidade registrada sobre encostas convergentes no presente estudo. Além da similaridade estrutural entre estes dois sítios, seu agrupamento foi associado às elevadas importâncias assumidas para *Ocotea porosa* e *Myrcia guianensis*, confirmando a existência de uma diferenciação estrutural na floresta altomontana quando submetida a diferentes condições topográficas.

CONCLUSÕES

As comunidades florestais altomontanas da Serra do Mar no Paraná estão representadas por uma florística relativamente homogênea e bem definida, porém, quando submetidas a diferentes situações geomórficas, respondem através de alterações em seus padrões sociológicos.

Predominante sobre as florestas altomontanas do Estado, a família Myrtaceae demonstrou grande plasticidade ao se destacar em ambos os compartimentos analisados, porém com clara preferência para as encostas convergentes onde foi responsável por mais da metade dos indivíduos da comunidade. Sua participação sobre encostas divergentes também é notória, porém reduzida pela grande contribuição associada a família Aquifoliaceae.

Sobre encostas convergentes as florestas se tornam mais desenvolvidas, indicando condições ambientais menos restritivas ao desenvolvimento dos indivíduos, destacando-se entre as espécies mais importantes *Ocotea porosa*, *Myrcia guianensis* e *Calypttranthes obovata*.

Sobre encostas divergentes as florestas encontram-se submetidas a condições ambientais mais restritivas ao desenvolvimento de seus indivíduos, sendo estas de menor porte, com alta densidade e com alto predomínio estrutural de poucas espécies, onde prevalecem *Ilex microdonta* e *Siphoneugena reitzii*.

REFERÊNCIAS

- ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society**, Londres, v. 161, p. 105 - 121, 2009.
- BLUM, C. T.; RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F. O clima e sua influência na distribuição da Floresta Ombrófila Densa na serra da Prata, Morretes, Paraná. **Floresta**, Curitiba, v. 41, p. 589 - 598, 2011.
- BROTTO, M. L.; CERVI, A. C.; SANTOS, E. P. O gênero *Ocotea* (Lauraceae) no estado do Paraná, Brasil. **Rodriguésia**, 64(3): 495-525. 2013.
- CABACINHA, C.D.; CASTRO, S.S. Estrutura diamétrica e estado de conservação de fragmentos florestais no cerrado brasileiro. **Floresta e Ambiente**; 17(1):51-62; 2010.
- DOUMENGE, C.; GILMOR, D.; PEREZ, M. R.; BLOCKHUS, J. Tropical Montane Cloud Forests: conservation status and management issues. In: HAMILTON, L. S.; JUVIK, J. O.; SCATENA, F. N. **Tropical montane cloud forests**. New York, 1995. p. 24 - 37.
- HUECK, K. **As florestas da América do Sul: ecologia, composição e importância econômica**. São Paulo: Polígono, 1972. 161 p.

- INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Cartas climáticas do estado do Paraná**. IAPAR. Documento, 18. Londrina, PR, Brasil. 49 p. 1994.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. v.2. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 275 p.
- INSTITUTO DE TERRAS CARTOGRAFIA E GEOCIÊNCIAS – ITCG. **Mapa das Formações Fitogeográficas do Estado do Paraná**. 2009. Disponível em: <http://www.itcg.pr.gov.br>. Acesso em: mar/2015
- KOEHLER, A.; GALVÃO, F.; LONGHI, S. J. Floresta Ombrófila Densa Altomontana: Aspectos florísticos e estruturais de diferentes trechos na serra do Mar, PR. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 2, p. 27 - 39, 2002.
- MAACK, R. Geografia física do estado do Paraná. Curitiba: M. Roesner, 1968. 350 p.
- MAGURRAN, A. E. **Ecological diversity and its measurement**. Princeton, Princeton University Press, 1988.
- MAGURRAN, A.E. & VIANNA, D.M. (Trad.). **Medindo a diversidade biológica**. Editora da UFPR, Curitiba. 2011.
- PORTES, M. C. G. de O.; GALVÃO, F.; KOEHLER, A. Caracterização florística e estrutural de uma Floresta Ombrófila Densa Altomontana do morro do Anhangava, Quatro Barras, PR. **Floresta**, Curitiba, v. 31, n. 1/2, p. 9 - 18, 2001.
- MEIRELES, L. D.; SHEPHERD, G. J.; KINOSHITA, L. S. Variações na composição florística e na estrutura fitossociológica de uma floresta ombrófila densa alto-montana na Serra da Mantiqueira, Monte Verde, MG. **Revista Brasil. Bot.**, V.31, n.4, p.559-574, out.-dez. 2008.
- MINEROPAR MINERAIS DO PARANÁ S.A. **Atlas geológico do estado do Paraná**. Curitiba, 2001.
- MUELLER-DOMBOIS, D. & ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1974. 547 p.
- MCCUNE, B.; MEFFORD, M.J. 2011. PC – ORD. Multivariate Analysis of Ecological
- PORTES, M. C. G. de O.; GALVÃO, F.; KOEHLER, A. Caracterização florística e estrutural de uma Floresta Ombrófila Densa Altomontana do morro do Anhangava, Quatro Barras, PR. **Floresta**, Curitiba, v. 31, n. 1/2, p. 9 - 18, 2001.
- ROCHA, M. do R. L. Caracterização fitossociológica e pedológica de uma Floresta Ombrófila Densa Altomontana no Parque Estadual Pico do Marumbi, Morretes, PR. 81 f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999.

- RODERJAN, C. V. A Floresta Ombrófila Densa Altomontana do morro do Anhangava, Quatro Barras, PR - Aspectos climáticos, pedológicos e fitossociológicos. 119 f. **Tese** (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1994.
- SCHEER, M. B.; MOCOCHINSKI, A. Y. Florística vascular da Floresta Ombrófila Densa Altomontana de quatro serras no Paraná. **Biota Neotropica**, v. 9, nº 2. 2009. 19 p.
- SCHEER, M. B.; MOCOCHINSKI, A. Y.; RODERJAN, C. V. Estrutura arbórea da Floresta Ombrófila Densa Altomontana de serras do Sul do Brasil1 **Acta Botânica Brasílica**, Feira de Santana, v. 25, n. 4, p. 735 - 750, 2011.
- SHEPHERD, G. J. Fitopac II – Versão 2.1. Campinas: UNICAMP, 2010.
- STADTMÜLLER, T. Cloud Forests in the Humid Tropics - **A Bibliographic Review**. **Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza** (CATIE). The United Nations University. 1987.
- VASHCHENKO, Y.; PIOVESAN, R. P.; LIMA, M. R.; FAVARETTO, N. Solos e vegetação dos Picos Camacua, Camapua e Tucum – Campina Grande Do Sul-PR. **Sci. Agr.**, 8: 411-419, 2007.
- VIEIRA, R.S.; BLUM, C.T.; RODERJAN, C.V. Caracterização florística e estrutural de uma Floresta Ombrófila Densa Altomontana na serra do Capivari, Campina Grande do Sul, Paraná. **Floresta**, Curitiba, v. 44, n. 4, p.565 - 576, 2014.